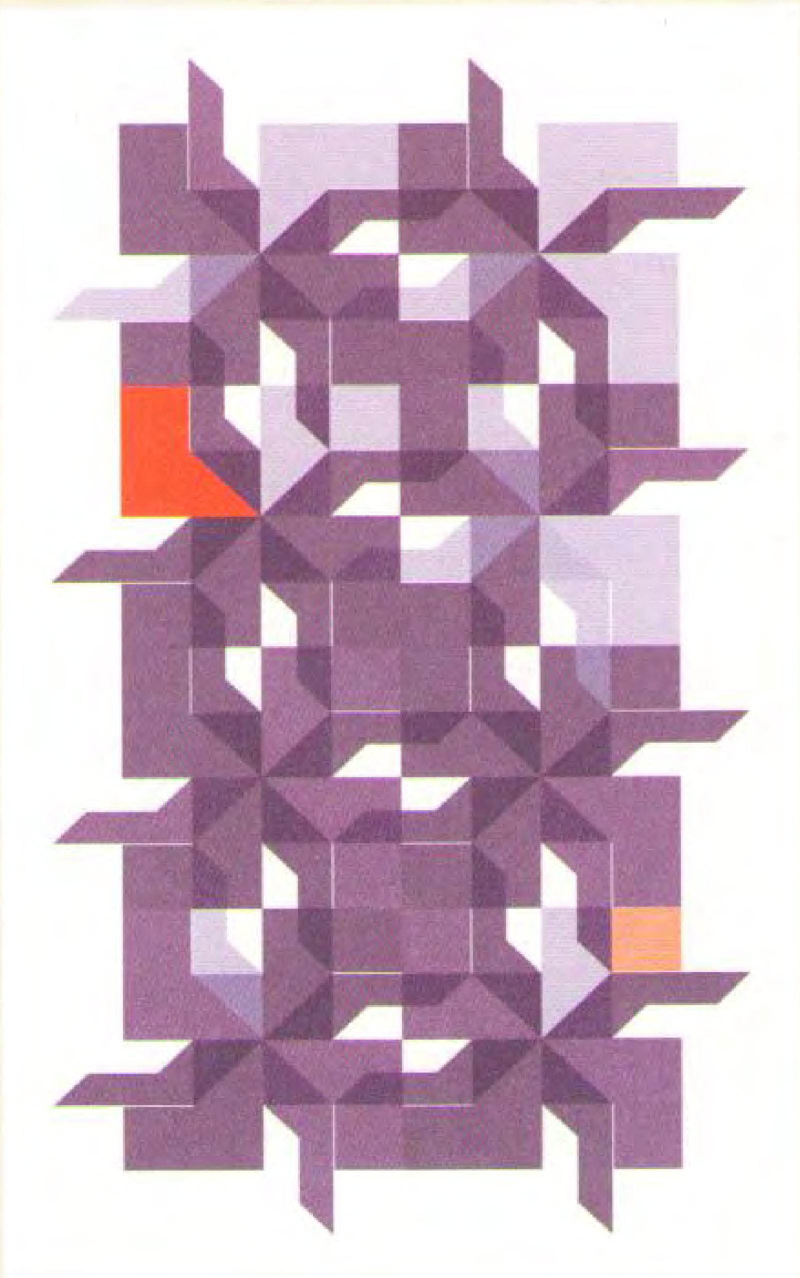
عالم المعرفة
سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها
المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت



الفن الضائع

ثقافات الملاحة ومهارات اهتداء السبيل

(الجزء الأول)

تأليف: جون إدوارد هوث
ترجمة: د. سعد الدين خرفان

المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب

عالم المعرفة
سلسلة كتب ثقافية شهرية يصدرها
المجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب - الكويت

صدرت السلسلة في يناير 1978
أسسها أحمد مشاري العدواني (1923-1990) ود. فؤاد زكريا (1927-2010)

الفن الضائع

ثقافات الملاحة ومهارات اهتداء السبيل

(الجزء الأول)

تأليف: جون إدوارد هوث
ترجمة: د. سعدالدين خرفان

سبتمبر 2016
440

ترسل الاقتراحات على العنوان التالي:
السيد الأمين العام
للمجلس الوطني للثقافة والفنون والآداب
ص. ب: 28613 - الصفاة
الرمز البريدي 13147
دولة الكويت
تليفون: 22431704 (965)
فاكس: 22431229 (965)
www.kuwaitculture.org.kw

التنضيد والإخراج والتنفيذ
وحدة الإنتاج في المجلس الوطني

ISBN 978 - 99906 - 0 - 215 - 9

العنوان الأصلي للكتاب

The Lost Art of Finding Our Way

by

John Edward Huth

طُبع من هذا الكتاب ثلاثة وأربعون ألف نسخة

ذو القعدة 1437 هـ ـ سبتمبر 2016

المحتوى

الفن الضائع
الجزء الأول

1

ما قبل الفقاعة

«ليست هناك طريقة «صحيحة» وحيدة للملاحة»

منذ سنوات قليلة فقط، ربما كنت ستحلف بأن الراكب إلى جوارك رجل مجنون. إنه يتكلم مع نفسه كأنه يتكلم مع صديق وهمي، وهو يلهو بعلبة صغيرة يضعها أمام وجهه. عالمه كله عبارة عن فقاعة(*) بقطر قدمين حول رأسه. إذا حزتَ بمعجزةٍ انتباهه وسألته عدة أسئلة فإنه سيجيب فقط باللعب بهذه العلبة الصغيرة. يدير علبته، ويستطيع أن يخبرك بحالة الطقس غدا، وأين تقع جهة الشمال، واسم ذلك النجم اللامع في السماء. غير أنك إذا أخفيت تلك العلبة عنه فإنه سيبقى بلا حول ولا قوة. تسأله: «لماذا يكون الطقس حارا في الصيف، وباردا في الشتاء؟» يُلوِّح بيديه أمام وجهه وهو يشرح لك السبب. تمثل يده اليسرى الشمس، وسبابته اليمنى الأرض، وهي تدور حول قبضته. يغمغم بشيء حول أن

(*) يقصد بالفقاعة Bubble هنا الإنترنت، وبالعلبة Box جهاز الهاتف الخليوي [المترجم].

الأرض أقرب إلى الشمس في الصيف، وأبعد عنها في الشتاء. وبصوته نبرة متغيرة تستجدي موافقتك.

دعنا الآن نفترض أن الزمن عاد بك 3 آلاف سنة إلى الوراء، وأنك تجلس إلى جوار صياد في قاربه الصغير بعيدا عن اليابسة. إنه يغني لنفسه، وهو يداول شبكته الملقاة في البحر. تطرح عليه أسئلة حول الطقس والسماء، فيظن أنك مجنون، غير أنه يجاريك على أي حال. يخبرك بثقة عن حالة الطقس غدا، ويشير بإصبعه إلى جهة الشمال، ويحكي لك حكاية حول النجم اللامع في السماء. ليست لديه علبة سحرية ليخبئها عنك. تسأله: «لماذ الطقس حار في الصيف، وبارد في الشتاء؟» يرسم بيده الممتدة قوسا في السماء، ويقول لك إن الشمس تتبع طريقا أعلى في الصيف، وبذلك يكون النهار أطول، وتتبع طريقا أخفض في الشتاء، ويكون النهار أقصر. ليس في صوته ما يدل على أدنى أثر للشك.

من إذن البدائي برأيك: هل هو الراكب إلى جوارك، أم الصياد؟ مع نمو تقانة المعلومات فإن قدرتنا على التفكير والإدراك المستقلين من دون مساعدة الأجهزة تضاءلت إلى الحد الذي أصبحنا نحن فيه، وليس أجدادنا، البدائيين. قبل وقت طويل من اختراع نظام تحديد الموقع الجغرافي GPS قطع أجدادنا القدامى مسافات شاسعة مستخدمين ما تبدو لنا الآن أنها تقنيات بدائية. في حالات كثيرة لم تقدم تفسيرات حول فاعلية أنظمتهم حتى القرن العشرين، بينما مازال بعضها سرا. ربما لم تكن أنظمة الملاحة التي طورتها ثقافات مختلفة مبنية على فهم علمي بالمعنى الذي نعرفه اليوم، غير أنها كانت منطقية وفعالة. وبينما يبدو المسافر المدمن على اللعب بجهازه غائبا عن بيئته، فقد برهن أجداده أن البشر قادرون على استيعاب الإشارات المعقدة من بيئتهم من أجل تحديد اتجاهاتهم.

توحي كلمة «ملاح navigator» إلى العديد منا بصورة ضابط بحري على متن سفينة وبيده آلة سدس sextant يشير بها إلى النجوم. غير أن المصطلح يعني أكثر من ذلك بكثير. فكل واحد منا ملاح، وهو يبحث باستمرارعن وجهته في البيئة المحيطة به. تتأثر المهارة اللازمة للسفر إلى مسافات بعيدة بعدد من العوامل: وسيلة السفر، ووجهته، والبيئة التي تتم فيها الرحلة. وبحسب العناصر المشمولة فيه تدخل مهارات عدة مكونة مما أدعوه بـ «ثقافات الملاحة» والتي تتحدد حسب

البيئة ووسيلة السفر. في هذا الكتاب أتفحص هذه الثقافات، والطرق المختلفة التي استطاع فيها البشر الملاحة مستخدمين أدوات بسيطة وإشارات من البيئة.

إن تحليل ثقافات الملاحة القديمــة مهمة صعبة، فالملاحون كمجموعة لم يميلوا إلى توثيق رحلاتهم، والكثير مما استطعنا.معرفته عن تقنياتهم مبني على معلومات متفرقة: بقايا أثرية، وشــواهد من لغات وملاحم، وأناشــيد قديمة جرى تداولها عبر أجيــال. ترك المؤرخون القدامى لنا حكايات، بيــد أن علينا أن ننظر إليها بشيء من الشك. تحتفظ الثقافات التي تطورت بعزلة نسبية قبل احتكاكها بالحضارة الغربية، وحتــى أثنــاء ذلك بالعديد مــن أنظمتهــا التقليدية في الملاحــة. وبتركيب معرفتنا بثقافــات الملاحة بعضها مع بعض، يمكننا البدء في تقدير القرابة التي تشــترك فيها هذه الثقافات جميعا في فن تحديد الاتجاه البشري.

أقنعنــي عملي مع طلابي بأن بإمــكان الناس أن يطــوروا مهاراتهم الفطرية في الملاحة. فالكثير من هــذه التقنيات، التي تعرض غالبا بطرق سرية متفرقة في كتب «كيف تعمل» اســتخدمت من قبل متحمسين لاستكشاف الطبيعة، إنما هي ناجحة في كثير من الأحيان، لكن لا يمكن إتقان تعقيداتها إلا من خلال الخبرة المكتسبة. ما نحتاج إليه هو العمل في الطبيعة لنسمح لعملية التعلم بالتطور. سأحاول أن أنقل هــذه التقنيات إليك في هذا الكتاب. لكن ليس هناك بديل عن ترك الفقاعة جانبا، واكتشــاف خبرة الشــمس والنجوم والرياح والأمواج. ومع تقــدم معرفتك بتقنيات الملاحة التي تســتخدم ظواهر طبيعية يمكنك تقدير التقنيات المعقدة التي طورتها ثقافات عدة في الماضي.

ثــلاث من أعظــم ثقافات الملاحــة القديمة هي تلــك التي طورهــا النورديون Norse(*) والتجار العرب في القرون الوســطى وســكان جــزر المحيط الهادئ. على الرغــم مــن أنني لن أحصر اهتمامي بهذه الثقافات الثــلاث في هذا الكتاب، فإنني سأعود إليها مرات عدة لأشرح الخطط والتعديلات التي سأناقشها هنا.

بدأ النورديون في اســتعمار آيسلندا خلال القرن التاسع الميلادي. وبحسب الملاحم النوردية، وجدوا عند وصولهم هناك رهبانا إيرلنديين يعيشون في مستوطنات قائمة. ربما

(*) اســتخدم كلمة نوردي (شــمالي) بدلا من نورسي أو نرويجي قديم لأن الكلمــة بلفظها الألماني أقرب إلى الأصل. [المترجم].

عثر الرهبان على طريقهم إلى آيسلندا باتباع مسارات الطيور المهاجرة في قوارب بدائية دعيت بالكرّاكس currachs[1]. يصف «كتاب الاستيطان» الاتصال الأول للنورديين بآيسلندا بأنه انحراف عرضي حدث لبحار يدعى نادودر كان يبحر بين النرويج وجزر فارو. غير أن رحلات متعمدة لاحقة أسست مستعمرات نوردية دائمة في آيسلندا.

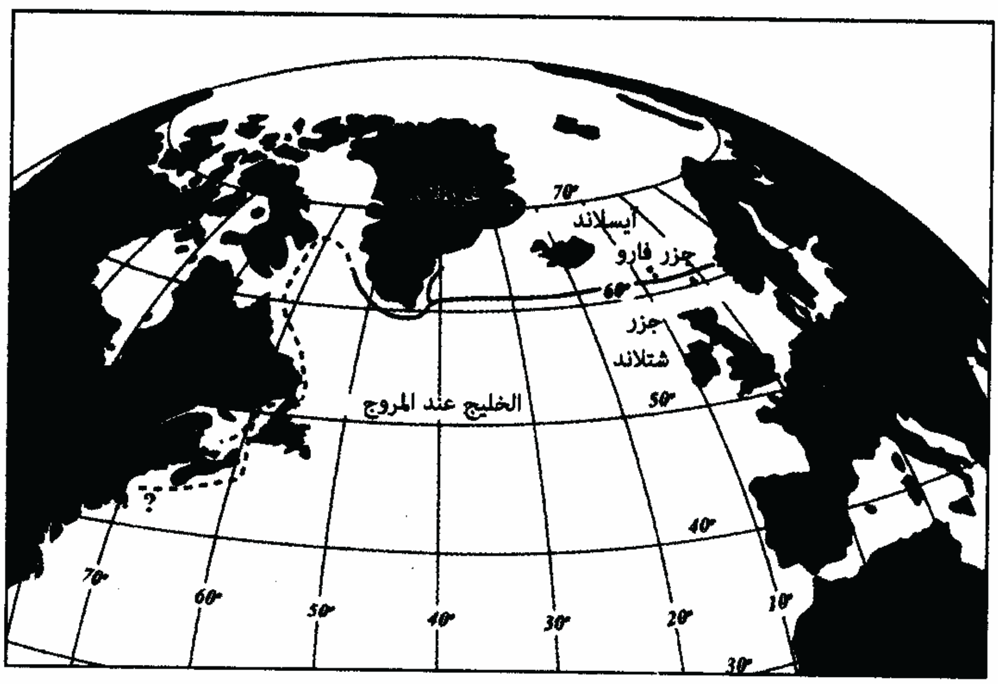
تشكل العواصف العنيفة والأمواج الضخمة التي تجتاح شمال المحيط الأطلسي تحديا كبيرا للملاحة في مياه آيسلندا وغرينلاند، ويحجب الضباب الكثيف أيضا الشمس لأيام متواصلة. كانت الحياة على القوارب الشراعية المفتوحة بالتأكيد تعيسة ومنهكة. كان على البحار كي يقصد عمدا إلى مكان ما في هذه المياه أن يتمكن من قراءة الطقس للحصول على رياح ملائمة، وبناء قارب قادر على الإبحار ضد الرياح إذا كان ذلك ضروريا. كانت الرحلات ممكنة في أشهر الصيف فقط، عندما كان هناك لسوء الحظ عدد قليل من النجوم مرئيا عند خطوط العرض العليا لآيسلندا وغرينلاند. كان على الملاحين أن يعتمدوا بصورة رئيسة على الشمس، وعلى الإشارات الطبيعية الأخرى للتعرف على وجهاتهم.

يبدو أن أول مشاهدة لغرينلاند قبل عام 1000م حدثت بالمصادفة أيضا عندما انحرف غونبجورن أولفسون عن مساره وهو يبحر من النرويج إلى آيسلندا. وبحسب الأسطورة، أسس إيريك ثورفالدسون (إيريك الأحمر) المستعمرة الأولى في غرينلاند بعد ذلك بزمن قصير. أسس عددا من المستعمرات على طول الساحل الجنوبي لغرينلاند غير أنها اندثرت بحلول القرن الرابع عشر.

ويبدو أن أول مشاهدة أوروبية موثقة لأمريكا الشمالية جاءت مصادفة أيضا. مثل اكتشاف آيسلندا وغرينلاند تصف ملحمة الغرينلانديين رحلة من آيسلندا إلى غرينلاند قام بها بجارني هيرجولفسون الذي ضاع، مع طاقمه، لعدة أيام في طبقات من الضباب. عندما مكنته الشمس من تحديد اتجاهه، صادف أرضا مغطاة بالغابات لا تشبه غرينلاند، لذا فقد عاد. سمع لايف إيريكسون بذلك، لهذا قام بحسب الملحمة برحلة للعثور على الأرض التي وجدها بجارني. تصف ملحمة الغرينلانديين أرضا غنية، تعج بالغابات وسمك السلمون، مع سكان محليين عدوانيين هاجموا النورديين. تتوافق الكثير من الأوصاف لأجزاء الساحل الذي أبحر لايف على طوله بشكل جيد مع أجزاء من ساحل أمريكا الشمالية.

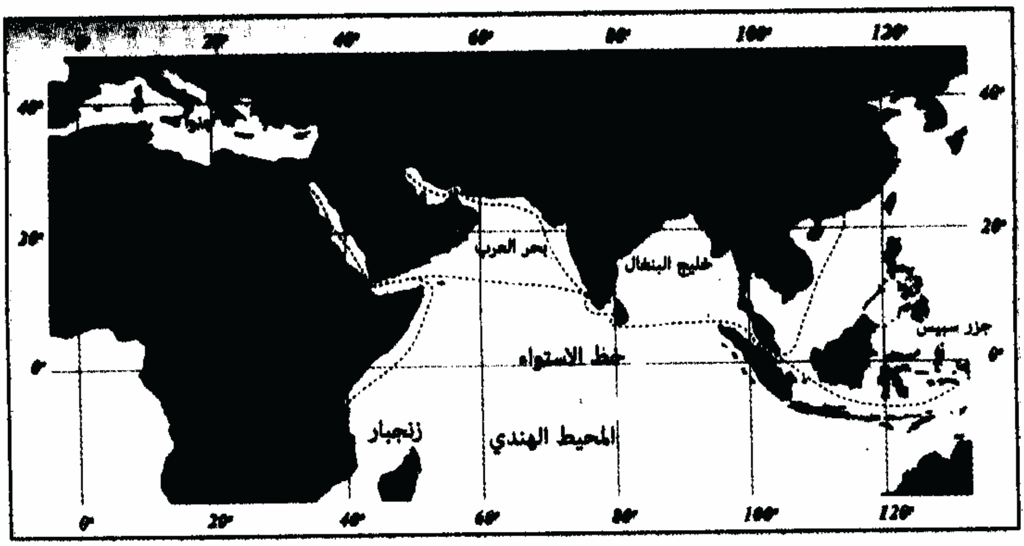
تقدم اكتشـافات أثرية مهمـة دليلا على محاولات النورديين اسـتعمار أمريكا الشـمالية. في العام 1960 اكتشـف هيلج انغسـتاد بقايا قرية نوردية على الحافة الشمالية الشرقية لنيوفاوندلاند دعيت بالخليج عند المروج L'Anse aux Meadows. ليس من المؤكد فيما إذا كانت مستعمرة نوردية بدائية، أو محطة استراحة للانتقال أبعد جنوبا. غير أن الاكتشـاف أسـس لوجود نـوردي في أمريكا الشـمالية بالقرن الحادي عشر. ربما وظفت هذه المستعمرة كمحطة توقف للإصلاح والبقاء في فصل الشتاء، ثم للقيام باستكشافات أخرى في الشمال والجنوب[2].

يظهر الشـكل (1) المناطـق التي قطعهـا النورديون شـمال المحيط الأطلسي. تشـمل طريقا مباشرا من النرويج إلى مسـتعمرات في غرينلاند (الخط المتصل)، مع طريق يمكن أن يكون ليف إيريكسـون قد اتبعه (خط منقط). أشير إلى موقع جزر المروج على القمة الشـمالية الشرقيـة لنيوفاوند لاند. وبحسـب الملحمة النوردية، استمر بقاؤهم في أمريكا الشمالية فترة قصيرة. خمن العديد من الكتاب حول مدى تقدمهم جنوبا حيث اقترحت أماكن مثل كيب بريتون وسـاحل نيو إنغلاند وحتى لونغ آيلاند.



الشكل (1): طرق النورديين من النرويج إلى مستوطنات في غرينلاند (خط متصل)، وطريق ليف إيريكسون المحتمل إلى أمريكا الشمالية (خط منقط) نحو القرن الحادي عشر الميلادي.

خلال العصور الوسطى وحتى عصر النهضة أبحر الملاحون العرب عبر المحيط الهندي للقيام بتجارة مربحة شملت الحرير والعبيد والتوابل. كان البديل عن المحيط الهندي طريقا بريا شاقا يجري تبادل البضائع فيه عدة مرات، حيث تضاف بضائع جديدة عند كل مدينة على امتداد طريق الحرير. يظهر الشكل (2) الجغرافيا والطرق التقريبية للتجار العرب في المحيط الهندي من الصين وجزر التوابل وزنجبار حتى مدن كالإسكندرية وبغداد.

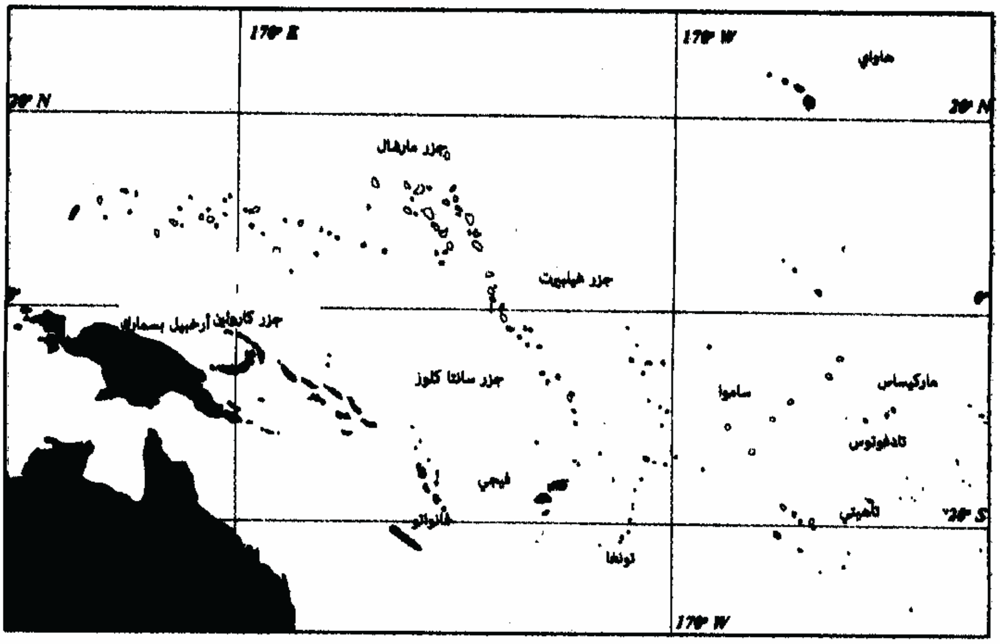


الشكل (2): الطرق التقريبية للتجارة العربية في المحيط الهندي خلال العصور الوسطى.

قبل ذلك أبحر القدماء من الفرس واليونان والرومان بالقرب من الشواطئ بقوارب مزودة بأشرعة بدائية ويدفعها عبيد بمجاديف. كانت هذه الرحلات مكلفة ومستهلكة للوقت. ومع تطوير أشكال الأشرعة أصبح من الممكن الإبحار ضد الرياح، وبالاستفادة من النجوم في الليل أبحر التجار بعيدا عن الشاطئ لأيام عدة في كل رحلة بركاب قلائل وبتكلفة أقل كثيرا لجلب البضائع إلى أوروبا. وفي حالات كثيرة استخدموا ارتفاع النجوم فوق الأفق للإبحار على خط عرض ثابت إلى وجهتهم.

واجه التجار الذين عبروا بحر العرب أنماطا فصلية من الرياح تهب من الجنوب الغربي إلى الشمال الشرقي خلال المونسون monsoon من يونيو حتى سبتمبر، وبعكس هذا الاتجاه في بقية العام. استطاعت الرحلات من الهند وإليها أن تستفيد من أنماط الرياح هذه.

يظهر الشكل (3) وسط المحيط الهادئ، وهي منطقة شاسعة تتوزع فيها الجزر والحيود المرجانية. تقترح الدلائل الأثرية أن أناسا يُدعون لابيتا نشأوا في أرخبيل بيسمارك إلى الشمال الشرقي من غينيا الجديدة بدأوا في استعمار الجزر إلى الشرق منذ نحو ست وثلاثين ألف سنة مضت. شملت بعض الرحلات توسعات جريئة امتدت إلى ثلاثمائة ميل عبر فجوات بين مجموعات الجزر الرئيسة.



الشكل (3): جزر وسط المحيط الهادئ.

تصبح رحلات شعب اللابيتا أكثر تميزا عندما تؤخذ أنماط التيارات والرياح وسط المحيط الهادئ بعين الاعتبار. للسفر شرقا كان على هؤلاء الرحالة أن يبحروا ضد الرياح والأمواج السائدة، ما يعني أنهم بنوا قوارب تتمتع بهذه الإمكانات، واستغلوا التغيرات الفصلية في الطقس. قد يبدو نموذج استيطان جزر المحيط الهادئ من الغرب إلى الشرق ضد الرياح والتيارات مخالفا للمنطق لأول وهلة، وقد دفع هذا بعض العلماء مثل ثور هايدرهال مؤلف كون تيكي Kon-Tiki ليخمن أن جزر المحيط الهادئ استوطنت إلى حد بعيد نتيجة انجرافات حدثت مصادفة بدأت في أمريكا الجنوبية، ثم تقدمت غربا، كنمط مضاد للرحلات عمدا نحو الشرق.

من ناحية أخرى يشير علماء الإنسانيات وعلماء الآثار مثل جوفري إرفين، إلى أن رحلة أولية ضد الرياح أكثر أمنا بكثير من القيام برحلة في اتجاهها[3]. بالإبحار

ضـد الرياح تُضمَن العودة إلى الوطن في رحلة المغادرة، بينما تكون الرحلة في اتجاه الرياح محفوفة بخطر عدم إمكانية العودة إلى الوطن.

يؤسـس إرفين وآخرون حجتهم بناء على اكتشـافات أثرية أظهرت توسعا أوليا نحو الـشرق باتجاه جزر الماركيـز، تبعتها رحلات أبعد نحو هـاواي ونيوزيلندا. لم يترك أجداد سـكان جزر المحيط الهادئ سجلا لتقنياتهم الملاحية، غير أن العديد من إجراءات الملاحة المسـتخدمة منذ أول اتصال لهم مع الأوروبيين مسـجلة، وسوف أصفها في الفصول اللاحقة.

كما ذكرت سـابقا، فإن إسـتراتيجيات النورديين والعرب وسـكان جزر المحيط الهادئ ليسـت بأي حالٍ الوحيدة التي سأصفها. في الحقيقة يمكن للمرء أن يحاجج بأن إتقان تقنيات الإبحار والملاحة كان السبب الرئيس في هيمنة أوروبا الغربية على العالم من القرن الخامس عشر حتى الآن، وسأناقش هذه الإنجازات الملاحية أيضا.

كان عـلى ثقافات الملاحة جميعها أن تعالج تحديـات متماثلة: التوجه المكاني، والقدرة على تقدير المسافات، وإيجاد الموقع من دلائل بيئية. هذه التقنيات مشتركة للملاحة سـواء أكانت في البر أم البحر. بالنسـبة إلى البحارة، هناك أيضا الحاجة إلى التنبـؤ بتأثيرات الطقس والمد وتيارات البحار. هذه التحديات هي الموضوعات التي سـأتناولها في هذا الكتاب. سأسـتخدم خبرات الملاحة في الثقافات المختلفة لتوضيح كيفيـة مواجهة هذه التحديـات. بالتركيز على المبادئ العلمية المؤسسـة، والصراع لفهم قـوى الطبيعة التي تواجه المـلاح، يقدم هذا الكتاب تقديرا لرغبة الإنسـان المتأصلة في فهم العالم الذي يسكنه.

ليسـت هناك طريقة «صحيحة» وحيدة للملاحة. أكد العديد من الأشـخاص والثقافـات على اسـتخدام عـدد من المهـارات المختلفة. وغالبا مـا تناغمت هذه المهارات مع البيئة المحلية، وجرى تداولها من جيل إلى آخر. يعتمد الملاح الجيد على مصادر مختلفة من المعلومات لإتمام رحلة ناجحة. لا يمكن لإشـارة أو مهارة واحدة أن تكون موثوقة 100 في المائة، لكن عندما تؤخذ مجموعة من المهارات بعضها مع بعض فإنها تخلق صورة متناسقة تدعم النجاح.

يمكنـك مقاربـة هذا الكتاب بإحـدى طريقتين: يمكنك من جهـة قراءته لفهم التحديات التـي واجهها الرحالة وهم يحاولون العثور على طريقهم عبر مسـافات

طويلة، والطريقة التي عالجوا فيها مشـــكلات صعبة باستخدام مهاراتهم، وما توافر لهـــم من أدوات. ومن جهة أخرى، يمكنك اســـتخدام هذا الكتـــاب كفرصة لاختبار مهاراتك في الملاحظة، وزيادة تقديرك لبيئتك، وربما تطوير خبرات تبقى معك طوال الحيـــاة. إذا كنت مهتما بالناحية الثانية فكن متنبها: يتطلب هذا منك صبرا ومرانا. وجـــدت أن بإمـــكان الطلاب أن يصبحـــوا أكفاء بقراءة نماذج النجـــوم، وتتبع قوس الشـــمس عبر الســـماء، والتنبؤ بالطقس. لكن لامتلاك هذه المهارات عليك أن تترك الفقاعة جانبا، وأن تنظر إلى النجوم والغيوم والشمس.

ينقســـم الكتاب بصورة تقريبية إلى قســـمين. يعالج القســـم الأول ما يشير إليه مصطلح «الملاحة» عموما: اســـتخدام ســـجل الرحلات والبوصلة والنجوم والشمس للعثور على الاتجاه. ويركز القسم الثاني على عوامل قد تبدو لأول وهلة أكثر تعقيدا، غـــير أنها كانت ضرورية في فـــترة ما قبل نظام قياس الموقـــع GPS. التنبؤ بالطقس وقـــراءة أمواج المحيطات والتعويض عـــن التيارات والمد وبناء القـــوارب الشراعية. وسأتفحص خلال الكتاب التطور التاريخي لعملية تحديد الاتجاه. وكما بالنسبة إلى العديد من الإنجازات البشرية تعبأ الملاحة بقصص الألم والنجاح والتقدم العشـــوائي نحو المعرفة.

عـــلى الرغم من أن الفصول اللاحقة لـــن تقدم المؤهلات الضرورية لتقييم ملاح تجـــاري بحري، فإنني آمـــل أن تقدم لك بعض التقدير لفـــن الملاحة كخبرة بشرية، ولقدرة الإنسان على خلق مخططات وتعديلها لتحديد الاتجاه بنجاح.

2

خرائط في العقل

كنت وحــدي أعبر امتــدادا طويلا مفتوحا من المــاء خارج شــواطئ جزر كانــبري في مين (Maine) عندمــا أطبق الضبــاب عليّ. لم تكن لــديّ خارطة، ولم تكن هنــاك بوصلة في زورق الكايــاك (kayak)(*) الصغير الذي اســتأجرته. ومــع الرعب الــذي تصاعد في حنجــرتي قلت لنفسي إن عــليّ أن أهــدأ، وأن أركز اهتمامي. مــن أي جهة تهب الريــاح؟ كانت الرياح تهب مــن الجنوب الغربي. جيــد. إلى أي جهة يجري التضخــم swell(**)؟ كان التضخــم يــأتي مــن الجنوب. مرة أخرى جيد. هل أسمع شيئا مهما؟ اســتطعت سماع الأمواج وهي ترتطم بالساحل الصخري المنحدر إلى الشمال الغربي. على الرغم مــن عدم وجود خارطة معــي فإنني احتفظت بخارطة لما حولي في عقلي من تجديفي سابقا في

«ظل الباحثون يدرسون الثدييات لعقــود، جامعين ببــطء العناصر التي تشــكل آلية رســم الخرائط عقليا»

(*) أخذت الكلمة (kayak) من الإنويت في غرينلاند وهي تشير إلى قارب فردي صغير يجدف بمجداف ذي حدين. [المترجم].

(**) خلال الكتاب اســتخدم ثلاثة مصطلحــات: تضخم swell، ومد tide، وتيار current. [المترجم].

هذه المنطقة، ومن خرائط رأيتها. اتجهت إلى الجنوب الشرقي باتجاه ممر ضيق بين جزيرتين، وبين الرياح والتضخم والأصوات حافظت على مسار ثابت.

عندما هبط الضباب، لم أستطع أن أرى شيئا عدا رقعة صغيرة من سماء زرقاء فوق رأسي مباشرة. كان عليّ أن أجتهد حتى أهدّئ من روعي، وبالتجديف تتبعت مرور الوقت، وقيّمت تقدمي مع ما رأته عين عقلي على أنه موقعي، كأني أحوم فوق البحر. بعد خمس عشرة دقيقة، استطعت سماع أمواج تتحطم وأنا أقترب من ممر ضيق. بدت الصخور التي تشير إلى الفجوة. بعد عبور الممر لاحظت أن هناك تيارات خلف العوامات من المد القادم. أرشدتني هذه التيارات الخلفية على شكل الحرف V في الإبحار حول الجزيرة والعودة بأمان إلى المرفأ.

بعد شهرين أبحرت في زورق كاياك خلال الضباب أيضا. كنت هذه المرة في نانتاكيت ساوند خارج شاطئ كيب كود. قبل الانطلاق لاحظت اتجاه الريح، واتجاه التضخم، والأصوات المسموعة بما في ذلك الصوت المنخفض لعوامة تبعد ميلين عن الشاطئ. زوّدني تجديفي السابق في المنطقة بخارطة عقلية، وإحساس بالاتجاه وجّه تقدمي في البحر. لو غَطّى الضباب رؤيتي لليابسة، فسيمكنني الملاحة إلى الشاطئ مستخدما الرياح والأمواج لتوجهني. حتى من دون دلائل مرئية كانت لديّ صورة عقلية داخلية حول موقعي بينما كنت أتابع طريقي نحو الشاطئ.

ومن دون أن أعلم حينذاك، تاهت شابتان في الضباب نفسه على بعد أقل من نصف ميل من موقعي حيث أضاعتا اتجاههما، وكافحتا حتى الموت. قبل أن تشرعا فيما افترض أنه عملية تجديف لفترة قصيرة في نانتاكيت ساوند أخبرت سارا أرونوف ذات الـ19 ربيعا، وماري جاكودا ذات العشرين ربيعا صديقيهما أنهما ستعودان بعد عشر دقائق. وعندما لم تعودا بعد خمس وأربعين دقيقة، اتصل الشابان بالسلطات مطلقين حملة تفتيش ضخمة. في اليوم التالي حلّقت حوامات حراس الشاطئ جيئة وذهابا فوق البحر إلى أن عثرت في النهاية على زورقيهما الفارغين. في اليوم التالي عثر على جثة سارا. ولم يعثر على جثة ماري قط.

صدمت بعد أسابيع عندما رأيت لوحة تذكارية لماري على الشاطئ تقول «لا أحد يضيع........إلى الله» ماذا حدث؟ لا أحد يعلم حقا، لكن ربما ارتبكتا في الضباب، وجدّفتا خطأ باتجاه البحر بدلا من العودة إلى الشاطئ.

بينـــما كان البحـــث قائما أجرت جريـــدة «كيب كود تايمـــز» مقابلة مع بعض أهل الفتاتين المفقودتين. أخبر والد ماري الصحفيين أن ماري تدربت مســبقا على تجديف الكاياك[1]. تحدثت بعد ذلك مع أحد الباحثين متســائلا بصوت عال لماذا أبحرت ممتّعا نفسي، بينما كان مصيرهما الموت. كان رد فعله مقتضبا: «أنت خبير بينما هما لم تكونا كذلك». في وقت الحادثة لم أتدرب على الكاياك، لذا من الواضح أن هذا لم يكن السبب. ما الفرق بين الحالتين إذن؟

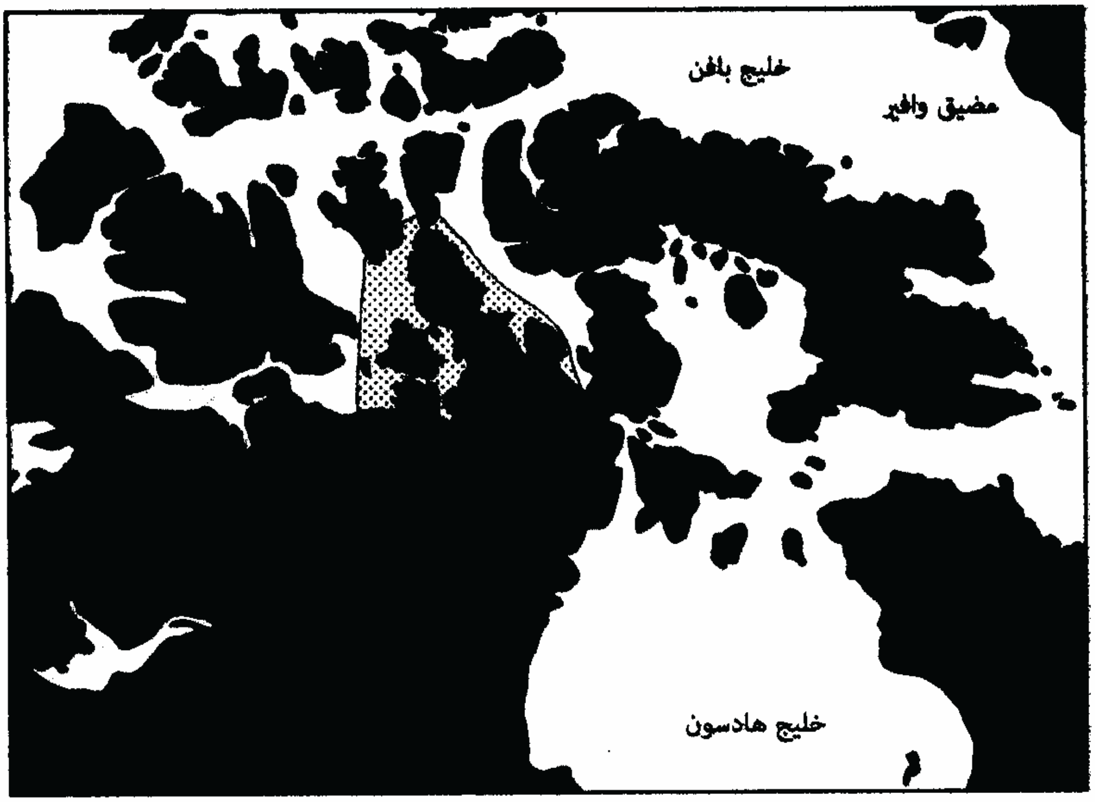
يمتـــد الســـاحل في تلك المنطقة على خط من الـــشرق إلى الغرب مع أرض تقع عـــلى جانبه الشـــمالي. عندما أبحـــرت بالكاياك لاحظت أن اتجـــاه الريح كان من الجنوب الشرقي. وكلما أطبق الضباب واختفت علامات الأرض الفارقة، استخدمت الريح كبوصلة طبيعية، ووجهت الزورق باتجاه اليابسة. بما أنني كنت على اطلاع بالعلامات الفارقة على الشـــاطئ، كانت مشـــاهدة سريعة لمنزل أو لقارب مربوط كافية بالنســـبة إليّ للتعرف على موقعـــي، بحيث لو أطبق الضباب مرة أخرى فإن لدي طريقة تقريبية لتحديد وجهتي. شـــكّل شريط الســـاحل بالفعل ممرا وحيد البعد بالنسبة إليّ، وجعل من السهل عليّ تقدير تقدمي وأنا أجدف.

أظن أن الفتاتين لم تكونا تعلمان الكثير عن الساحل، وأنهما افتقرتا إلى الخارطة العقلية. ومن المحتمل أيضا أنهما لم تلحظا اتجاه الرياح أو الأمواج عندما انطلقتا في زورقيهما. لذا عندما أطبق الضباب عليهما لم تستطيعا توجيه زورقيهما، وجدفتا باتجـــاه البحر، ظنا منهـــما أن قرقعة العوامات على بعد ميلـــين منهما، ربما تعني المدخل إلى الميناء.

طـــوّر العديـــد من الناس في أثنـــاء تحديهم للبيئة طرقهـــم الخاصة في تحديد وجهتهم وقاسوا عقليا تقدمهم خلال رحلاتهم. بدأ علماء الأعصاب وعلماء النفس بالكشـــف عن آليات تحديد الناس لمواقعهم - والتي ســـأتناولها فيما بعد - لكن من المفيد إلقاء نظرة سريعة على كيفية تنظيم الناس في بيئات مختلفة لمحيطهم. فيما يـــلي أصف باختصار ثلاث مجموعات: صيـــادي الإنويت (Inuit) والنورديين وملاحـــي جزر كارولاين. وبينما انتهت رحلات النّورديين منذ فترة طويلة، يســـتمر بعـــض صيادي الإنويت وملاحي جزر كارولايـــن بطرقهم التقليدية في الملاحة على الرغم من أن الوسائل الحديثة في النقل والملاحة قد نفذت إلى ثقافاتهم.

النيتسيليك

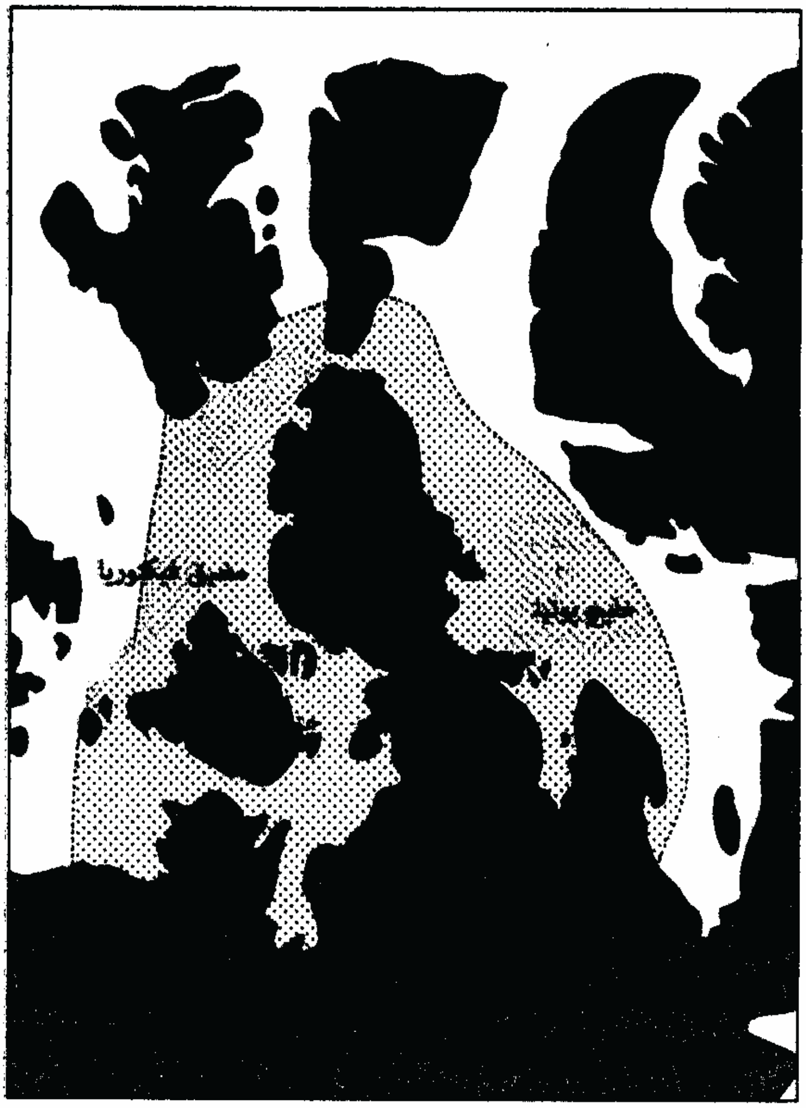
يعيش النيتسـيليك إنويت (Netsilik Inuit) في مقاطعـة نونافوت الكندية (الشكل 4). عندما اتصلوا لأول مرة بالأوروبيين الغربيين كانوا من الصيادين الرحل. شمل مجال صيدهم (الشكلان 4 و5) جزءا من الأرخبيل الكندي إلى الشمال: شبه جزيرة بوثيا وجزيرة كنغ وليام وجزيرة سومرسـت وشبه جزيرة أديليد. الأرض إلى حد بعيد عبارة عن سـهول منبسـطة تتوزع فيها البحيرات والأنهار والخلجان. في الشتاء ينتقل صيادو النيتسـيليك التقليديون بزلاقات تجرها الكلاب. وفي الصيف يسافرون على الأقدام في البر، وبواسطة زوارق الكاياك في الماء. حياتهم مبنية على الكفاف: صيد السلمون أو صيد الفقمات والوعول في القطعان المهاجرة.



الشكل (4): مناطق الصيد للنيتسيليك إنويت في مقاطعة نونافوت الكندية.

خلال استكشـاف الأوروبيين لأمريكا الشـمالية بقي النيتسـيليك إحدى أكثر مجموعـات الإنويت عزلة. شـكلت الملاحة عبر هـذه الأراضي القاحلة، وماتزال، تحديا كبيرا لهم، ومع ذلك فقد طوروا إجراءات سمحت لهم بالتعامل مع منطقة شاسعة تبدو من دون علامات مميزة بالنسبة إلى أعين الغربيين.

وثّق عالم الإثنوغرافيا الدنماركي كنود رازموسين الذي قاد رحلة ثولي الخامسة عبر سقف أمريكا الشمالية من 1921 إلى 1924 ثقافة النيتسيليك. سجّل أساليب الإنويت في الوقت الذي بقيت فيه ثقافتهم بعيدة نسبيا عن التأثير الأوروبي. وبحسب رازموسين، كان لصيادي النيتسيليك معرفة مكانية مفصّلة في ذاكراتهم بأراضيهم الشاسعة وجداولهم وخلجانهم مكّنتهم من العثور على مسالكهم.



الشكل (5): منظر أقرب لمقاطعة الصيد للنيتسيليك وتضاريسها الجغرافية.

وكما سجّل رازموسين «من المدهش رؤية مدى المعلومات التي يعرفها النيتسيليك حول الأرض التي يعيشون عليها، سواء أكان ذلك حول ظروفها ونباتاتها الطبيعية أم حول تاريخها القديم. وعلى الرغم من أنه لم تكن لديهم

معرفة مسـبقة بالقلـم والورقة، فقد كانـوا سريعين بدرجة مدهشـة في تحديد خارطة بلدهم الواسـع، وبفعل ذلك، فقد كان بإمكانهم رسم التفاصيل كلها بدقة ملحوظة. بالطبع لا يمكن للمسـافات في هذه الرسـوم اليدوية أن تكون صحيحة دوما، لكن الجزر وأشـباه الجزر والخلجان والبحيرات كلها موضوعة بدقة في هذه الرسـوم، بحيث إن العثور على الطريق من مكان إلى آخر أمر سهل حتى بالنسبة إلى رجل غريب تماما عن المنطقة»[2].

يوضح الشـكل (6) مقارنة جنبا إلى جنب بين شـكل جزيـرة كنغ وليام، كما رسمت يدويا من قبل صياد من النيتسيليك لرازموسين، وبين خريطة دقيقة. وكما لاحظ رازموسين فإن التشابه بينهما مدهش.



الشـكلان (6 «أ» و6 «ب»): مخطـط خارطـة لجزيرة كنغ وليام رُسـمت من صياد من النيتسيليك لكنود رازموسين «أ» بالمقارنة مع المخطط الحديث «ب».

يظهر جدول بأسـماء الأماكن سَـجّله رازموسـين مع معانيها التفاصيل الدقيقة لذاكرة الصياد التي شـملت المنطقة بشـكل كامل. وبشـكل مميز ترسـم الأسماء المتعلقة بجغرافيا معينة وصفا مرئيا للعلامات الفارقة على الأرض، وتصف حيوانات الصيد التي يمكن العثور عليها، أو تصف نشاطا في ذلك المكان. على سبيل المثال تاك أرترويك (Tuk' Artorwik) التي تترجم إلى «المكان الذي يمكن للمرء فيه أن يجوب الأرجاء» هو بجوار بحيرة في شـبه جزيرة بوثيا حيث يصطاد النيتسيليك في الشتاء.

هنا خمّن رازموسين أن على الصيادين أن يخبطوا أقدامهم باستمرار على الأرض كي تبقى دافئة. مكان آخر يدعى نانسليك وهو مكان يعج بفقمات الجروف. هناك كينيك «الأنف» الذي استخدم ليشير إلى أعمق خليج في جرف. سجّل رازموسين أكثر من 413 اسما لأمكنة غطّت أكثر من ثماني مناطق جغرافية متميزة.

تمسح عواصف ثلجية باران نونافوت من أكتوبر حتى مايو، وكثيرا ما يغطيها الضباب في الصيف. سجل مؤلفان حديثان هما كولين ارفين وديفيد بيللي الإستراتيجيات الملاحية التقليدية للنيتسيليك. أصبح عدد من هذه الموضوعات واضحا من خلال تقريرهما[3],[4]. بالسفر عبر الباران يستخدم النيتسيليك غالبا وجهة الرياح لمعرفة الاتجاه خلال رحلات طويلة. ليست الرياح الطريقة الوحيدة لمعرفة الاتجاه. يستخدمون غالبا الشمس والقمر والنجوم شواهدَ لتحديث اتجاهاتهم، لكن هذه لا تكون غالبا مرئية خلال العواصف أو الضباب. الرياح السائدة متسقة إلى حد معقول، وتشكل بوصلة طبيعية إلى درجة أن الرياح المختلفة لها خصائص مختلفة، ولكل منها اسم خاص بها. تخلق الرياح تموجات عمودية في الثلج تدل على اتجاهها، وتسمح للصياد بأن يتابعها حتى عند هدوئها. يتتبع صيادو النيتسيليك الشديدو الملاحظة أنماط الطقس خلال عدة أيام. بدمج هذه المعرفة بالتغيرات المحلية للرياح الناجمة عن الوديان والتلال، يمكنهم الحفاظ على مسار دقيق حتى 10 درجات[5]. يقاس طول الرحلات بعدد مرات النوم اللازمة للانتقال من مكان إلى آخر. وبسبب ندرة حيوانات الصيد في البراري، يمكن للرحلات النموذجية للبحث عن الطعام أن تمتد إلى مائتي ميل، وهي تمثل سبع مرات من النوم.

يقتبس ارفين من أحد رجال الإنويت، ويدعى كاكو، وصفه لاستخدام الرياح: «عندما يخيّم الضباب ولا أستطيع رؤية أي شيء من الصعب عليّ معرفة الاتجاه. لكن إذا أمكنني معرفة اتجاه الرياح عندما تكون السماء صافية، يمكنني عندها استخدام الرياح لمعرفة الاتجاه عندما يهبط الضباب. يحدث هذا في الصيف عندما لا تكون هناك تلال من الثلوج، أو عندما أكون على متن قارب»[6].

غالبا لا يكفي الحفاظ على اتجاه بدقة تصل إلى 10 درجات للوصول إلى مخيم يشكل نقطة صغيرة في أرض خالية. لتطوير اتجاهاتهم يتقفى النيتسيليك

آثـار البشر والكلاب والزلاجات التي تخلّف كلها آثارا على الثلج تدوم لأيام، وتترك دلائـل مهمة يمكن للصياد الخبـير أن يقرأها. وبدلا من محاولة العثور على نقطة في سـطح واسـع ثنائي الأبعاد فإنهم يسـافرون في الطريق التقريبي لمخيم ما. في النهاية يصادف الصياد آثارا تقوده إلى هدفه. عندما يصادف أثرا ما، وبمعرفة حالة الطقس منذ فترة قريبة، يمكنه تحديد اتجاه السفر للعثور على المخيم. يختزل هذا مشـكلة العثور على نقطة على سـطح ثنائي الأبعاد، إلى مشكلة العثور على خط، ثـم اتباع هذا الخط حتى الوصول إلى الهدف. وبينما تبدو هذه العملية بسـيطة من حيث المبدأ فإن تقفي الأثر خلال أرض تتغير باسـتمرار يتطلب بديهة طوّرت بالخبرة والمران.

تُخـبر طبيعة الآثار بقصة عـن المارّين: متى مـروا وعددهم وحجمهم وهل ركضوا أو مشـوا بالقرب من زلاجة. ومن آثار الزلاجة يمكنك معرفة وزن حمولتها. وتخلّف الكلاب آثارا ورائحة على فترات متقطعة، مشـكلة أثرا يمكن لكلاب أخرى أن تتبعه. وعند العثور على مسـار يمكن للسـائق أن يعدل مسـاره المحدد أصلا بالرياح، وتتبعه في المسار الأقرب احتمالا للوصول إلى المخيم.

اختزال المشـكلة المعقدة في إيجاد نقطة على سـطح إلى مهمة العثور على نقطة على خط، إسـتراتيجية شائعة بين الملاحين. ووفق روبرت راندستورم، وهو جغرافي درس ملاحة الإنويت «باعتبار طبيعة الأرض الجرداء نفسـها، ربما يكون التصوّر الخطي للأرض هو الطريقة الأسـهل لإضفـاء نوع من النظام على أرض عشـوائية. وهو نظام يسـمح للبشر بأن يفكروا ويتصرفوا على أنهم جزء ناجح من هذه الأرض»[7].

ملاحو جزر كارولاين

لـدى ملاحي جزر المحيط الهادئ إسـتراتيجيات عدة للملاحـة والعثور على اليابسـة، تشمل استخدام اتجاهات الرياح والنجوم وأنماط الأمواج وحتى الطيور. وعـلى الرغم من أنهم يسـتخدمون هذه الإسـتراتيجيات كلها، فـإن هناك عادة إسـتراتيجية واحـدة أو اثنتين رئيسـتين لإيجاد الاتجاه. اسـتخدام النجوم لإيجاد الاتجاه أمر شـائع جدا، ويستعمل مسـتخدمو الملاحة التقليدية في جزر كارولاين

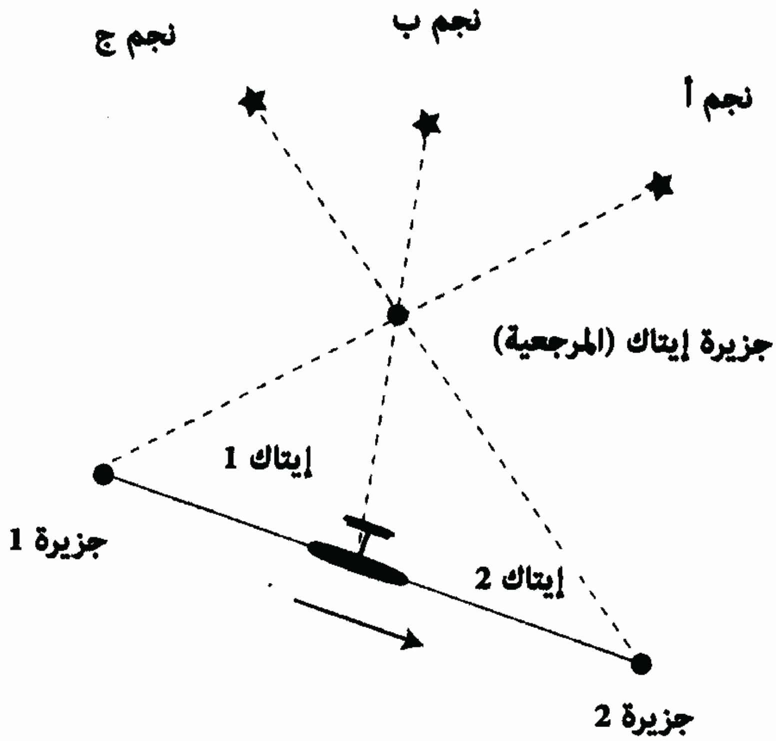
نظاما غريبا يدعى نظام إيتاك(*) للحفاظ على اتجاههم في الرحلات الطويلة بعيدا عن مرأى الشاطئ.

تتألف جزر كارولاين من مجموعة متباعدة جدا من الجزر والحيود المرجانية كما تظهر في الزاوية الشـمالية الغربية من الشـكل (3) في الفصل السابق. في هذا التجمـع المتناثـر من الجزر المرجانيـة تعمل النجوم كدليل رئيس يرشـد ملاحي الـزوارق الشراعية. يأتي الكثير مما نعرفه عن نظام الإيتاك من تقارير مؤلفين مثل ديفيد لويس وثوماس غلادوين[8]،[9].

ولفهـم نظـام الإيتاك على القارئ أن يلمّ أولا بما يدعـى «البوصلة النجمية». تبزغ النجوم قرب خط الاسـتواء في الموقع ذاته دوما بالنسـبة إلى جهة الشـمال، وتغيـب في الموقع ذاته دوما بالنسـبة إلى جهة الشـمال، بغـض النظر عن موقع المراقب. تشكل النجوم وهي تبزغ وتغيب بوصلة طبيعية. على سبيل المثال يشرق النجم اللامع الشّـعرى اليمانيـة (Sirius) من الجنوب الشرقي لشـخص في جزر كارولايـن، ويغيب في الجنـوب الغربي، بينما يبزغ النجـم العيوق (Capella) في تجمع ذي الأعنة (Auriga) في الشمال الشرقي، ويغيب في الشمال الغربي. ويلوح نجم القطب الشـمالي (Polaris) دوما في الأعلى فوق الشمال الحقيقي[10]. يقسّم ملاحـو كارولاين التقليديون الأفـق إلى مناطق تدعى إيتاكات بناء على بقعة على شكل زاوية تتعلق ببزوغ نجم ما أو أفوله.

في نظام إيتاك (الشكل 7) يرسم الملاحون في عقولهم جزيرة مرجعية موجودة بين نقطة انطلاقهـم وهدفهم. على الرغم من أن الجزيرة المرجع أو الإيتاك يمكن أن تكـون حقيقية أو متخيلـة فإنها غير مرئية خلال الرحلـة. يحافظ الملاح على موقعها في عقله نسـبة إلى خلفية تتعلق ببزوغ النجوم أو غروبها. إذا كنت تقود سـيارتك على طريق سريع ربما يخيل إليك أن أعمـدة الهاتف على طول الطريق تتحرك نسبة إلى علامة مرجعية مثل جبل بعيد. تبدو أعمدة الهاتف وهي تتحرك نسـبة إلى الخلفية الثابتة. بالمثل يتصور ملاحو كارولاين الجزيرة المرجعية تتحرك نسـبة إلى خلفية النجوم الثابتة. يمكن ربط الموقع في أي لحظة بنجم إيتاك المعين الذي كان خلف الجزيرة المرجعية.

(*) نظام إيتاك Etak: مصطلح اسـتخدمه البولينيزيون القدمـاء للتعبير عن الملاحة بالنجوم من جزيرة إلى أخرى في المحيط الهادئ. [المترجم].



الشـكل (7): نظام إيتاك للرحلات للملاحين في جزر كارولاين. يحافظ الملاح على تتبع الموقع بتحديد جزيرة مرجعية مقابل خلفية ثابتة لنجوم تشرق وتغرب.

يمكن لرحلات نموذجية أن تمتد إلى عدة مئات من الأميال. يوصف طول الرحلة غالبـا بعدد نجوم إيتـاك التي جرى عبورهـا. إضافة إلى النجوم يسـتخدم ملاحو كارولاين التقليديون شواهد ثانوية لمعرفة الاتجاه كالرياح والأمواج. كما بالنسبة إلى النيتسيليك يختزل نظام الإيتاك فعلا تصور الرحلة من مشكلة معقدة ثنائية البعد، إلى نظام أبسط يقاس التقدم فيه بالمقارنة مع شاهد خطي موجود في ذهن الملاح.

إذا بـدا نظام إيتاك غامضا بالنسـبة إلى القارئ فمـن الواضح أنه كان غامضا أيضا للعديد من سـكان جزر كارولاين أنفسـهم في الماضي. وليصبح المبتدئ ملاحا

ناجحا عليه أن يقضي عدة سنوات وهو يتعلم كيفية عمل النظام، وغالبا ما كانت الدروس تعطى سرا. أخيرا مع عودة الاهتمام بإستراتيجيات الملاحة التقليدية يعود الاهتمام بهذه التقنيات إلى سكان تلك الجزر.

النورديون

أحد المقاطع التي يستشهد بها كثيرا من تقاليد الملاحة لدى النورديين (Viking) هو عبارة عن مجموعة إرشادات للملاحة من النرويج إلى غرينلاند تعود إلى كتاب هـوك بوك (Haukbok) في القرن الرابع عشر: «من جزيرة هيرنار في النرويج على المرء أن يستمر في الإبحـار غربا ليصل إلى هفارف في غرينلاند، ثم يبحر شمال جزر شيتلاند بحيث يمكن رؤيتها فقط إذا كانت الرؤية واضحة جدا، لكن جنوب جزر الفاروس بحيث يبدو البحر حتى منتصف منحدراتها الجبلية، وبعيدا جنوب آيسلاندا بحيث يشعر المرء فقط بالطيور والحيتان القادمة منها»[11].

يصف هذا المقطع استخدام علامة فارقة (جزيرة هيرنار) على الساحل النرويجي كنقطة انطلاق لرحلة إلى الغرب. يجد البحار النقطة الساحلية أولا، ثم يبحر غربا مسترشدا غالبا بالرياح أو برؤية الشمس. تزود رؤية جزيرتي فارو وشيتلاند نقاط إرشاد مفيدة للتأكد من أن الملاح يتجه في المسار الصحيح. تُقدَّر المسافة من جزر الفارو إلى الملاح بظهور الجبال: يغطى النصف الأسفل من الجبال بالأفق بسبب انحناء الأرض. يستهدف الملاح قطعة من الساحل الجنوبي لغرينلاند والتي هي إلى الجنوب كثيرا من آيسلاندا. على الرغم من أن آيسلاندا ليست مرئية، فإن المحيط القريب منها ضحل نسبيا، وتجلب التيارات الصاعدة المغذيات إلى السطح بحيث تجذب الأسماك والطيور والحيتان. تقدم أشكال الحياة هذه في البحر علامة مفيدة أخرى تشير إلى أن البحّار يتجه في المسار الصحيح.

عند كتابة هذا المقطع كانت مدة الرحلات تقاس بالأيام، وكان المرور بهذه الشواهد يقيس التقدم. لاحظ مرة أخرى كيف أن مشكلة بحث ثنائية البعد، قد اختزلت إلى تحديد سلسلة من الشواهد على مسار خطي تقريبا. يظهر الخط المتصل في الشكل (1) في الفصل السابق الطريق الموصوف في المقطع من

كتـــاب هوك بوك. وكما يرى القارئ فإنه يســير على خط عرض ثابت. بمجرد أن تبدو غرينلاند يمكن للبحار أن يقرر كيف يســتمر للوصول إلى مستعمرة معينة على الشاطئ.

تحتوي ملاحم النورديين على إشــارات إلى اســتخدام الشمس لتحديد وجهة الملاح. تظهر إحداها في وصف استكشــاف أمريكا الشــمالية عن طريق المصادفة مــن قبل بجارني هيرجولفســون. على الرغم مــن أنه لم يبحــر إلى غرينلاند قط فإنه جهّز ســفينة وطاقما للإبحار إلى هناك من آيسلاندا. توصف هذه الرحلة في ملحمة الغرينلانديين:

> تكلــم بجارني بعد ذلك: «ســينظر إلى رحلتنا على أنها غير مخططة جيدا. بما أنه لم يبحر أي منا في بحر غرينلاند من قبل».
>
> عــلى الرغم من ذلك فقد انطلقوا عند تجهزهم، وأبحروا لمدة ثلاثة أيــام إلى أن اختفت اليابســة وراء الأفــق. ثم هدأت الريــاح، وضربوا بريــاح تهب من الشــمال وبالضباب، ولأيام عديــدة لم يكونوا يعلمون أين يبحرون.
>
> بعد ذلك رأوا الشــمس واستطاعوا تحديد موقعهم. وبرفع الأشرعة أبحروا بقية اليوم قبل أن يروا اليابســة. تســاءلوا فيــما بينهم عن تلك اليابسة، وكما قال بجارني فإنه شك في أن تكون غرينلاند[12].

امتد موســم رحلات النورديين من مايو إلى سبتمبر لتجنب العواصف الهوجاء التي تجتاح شــمال المحيط الأطلسي في الشتاء. خلال شهور أواخر الربيع والصيف، كانت النجوم لا ترى إلا بصعوبة بسبب توهج الشمس في خطوط العرض العالية تلك. كانت الشــمس أفضل جســم ســماوي لتحديد الاتجاه، وكانت منخفضة في السماء بما يكفي للاعتماد عليها في تقديم معلومات حول الاتجاه. بينما لم يستطع ســكان جزر المحيط الهادئ الاعتماد على الشــمس؛ لأنها كانت عادة مرتفعة جدا في السماء في المياه الاستوائية عدا وقتي الشروق والغروب، حيث يمكن استخدامها بثقة لتحديد الموقع.

تــبرز عدة خصائص حــول ثقافات الملاحة الثــلاث. أولا كان هناك القليل من القياســات المباشرة والدقيقة للمسافة بالمعنى الحديث، واقتصرت فقط على عدد الأيــام أو الاتيكات التي تســتغرقها رحلة ما. الخصيصة الثانيــة البارزة هي تذكر

نقاط الإرشاد التي تشـير إلى وجود خارطة عقلية تسمح للمسافر بقياس تقدمه. والثالثة اسـتخدام وسـائل أولية للتوجه سواء أكانت الرياح أم الشمس أم النجوم المشرقة والغاربة. عالجت هذه الثقافات الثلاث كلها على ما يبدو تحديات الملاحة عن طريق اختزال مشـكلة البحـث ثنائية البعد الصعبة إلى تحديد سلسـلة من نقاط العلامات على مسار الطريق.

أصل الخرائط العقلية

عندما نتجول في الحي أو نسـوق السـيارة إلى منزل صديق، لا نفكر عادة في التفتيش عن الطريق. ربما يسـأل شخص غريب عن الاتجاه، وسنخبره بأن يسوق السـيارة ميلا آخر، ثم يتجه يسـارا عند المتجر. أحيانا قـد يكون هناك تحد أكبر. لنقل إنك سـافرت إلى مدينة ما، واستيقظت في غرفة مظلمة في فندق. في البداية قد تكون مشوشـا، لكنك بعد ذلك سـتتذكر ما حدث حتى تلـك اللحظة، وتبدأ بتصور ما حولك.

رأينا سـابقا أن بإمكان النيتسيليك أن يرسموا خريطة عقلية مفصّلة لما يحيط بهـم من ذاكرتهم. طوّر سـكان جـزر كارولاين نظاما مفصّـلا للملاحة مبنيا على المواقع النسـبية للجزر التي لم يستطيعوا رؤيتها، لكنهم تصوروها. يشير هذا كله إلى أن جزءا من العقل قادر على استيعاب ما هو حقا خرائط عقلية وتخزينها ثم استدعائها. كيف يعمل هذا؟

ظل الباحثون يدرسـون الثدييات عقودا، جامعين ببطءٍ العناصر التي تشـكل آليـة رسـم الخرائط عقليا بعضها مع بعض. هناك عدد مـن الدلائل المهمة، لكن مازلنا بحاجة لمعرفة القصة الكاملة.

بشكل تقريبي هناك ثلاثة عناصر في الملاحة البشرية (وملاحة الثدييات) :

1 - التخمين الصائب.

2 - الإدراك.

3 - خارطة عقلية.

يـأتي مصطلح «التخمين الصائـب» (Dead reckoning) من البحرية الملكية البريطانية ويعود إلى القرن السـابع عشر. ويرتبط المصطلح «dead» بمصطلحات

مثل «هدف أكيد» و«مصيب تماما» ويشير إلى الدقة. المبدأ بسيط: تخمّن موقعك من خلال سفراتك الماضية من نقطة انطلاقك إلى موقعك الحالي. يتطلب هذا بعض الإدراك للاتجاه والسرعة والزمن الذي استغرقته الرحلة.

تعمل إدراكاتنا وفق وظيفتين: أولا تساعدنا رؤية علامات فارقة معهودة في تحديث موقعنا في الخارطة العقلية، وثانيا يعطينا مظهر الأجسام وهي تقترب منا وتبتعد عنا في المسافة شعورا بالسرعة والحركة. وعادة نأخذ هذا على أنه أمر بديهي.

هناك إدراك مهم يناقش غالبا في سياق ملاحة الحيوانات هو الإحساس بوضعية الجسم «proprioception»، وهذا هو إدراك للجسم ذاته. ربما يدل وزن أطرافك وموقعها النسبي على أنك تمشي أو تركض. لو كنت في سيارة عند إشارة مرور وأسرعت فجأة، فستشعر بقوة ما تدفعك إلى الوراء نحو مقعدك. هناك داخل أذنك ثلاث قنوات نصف كروية تبث معلومات إلى ذهنك حول الوضع النسبي لرأسك، وفيما إذا كنت تغير السرعة أو الاتجاه.

تتكامل هذه الإحساسات كلها إلى إحساس بالحركة والاتجاه المهمين في عملية التخمين الصائب. وعندما تتسارع بعد توقفك على إشارة المرور، سترى أن الأجسام أمامك تصبح أكبر وأنت تقترب منها. تسمع المحرك يزمجر. وتشعر بالتسارع. لا تعالج كل قطعة من المعلومات، لكن لديك إحساس عام بالحركة يأتي من تكامل الإحساسات كلها التي تحدث في الوقت ذاته. وعندما تسافر فأنت تمر بالعلامات الفارقة التي تتذكرها، وتحدّث عقليا موقعك بالمقارنة مع توقعاتك. إذن يقاس التقدم بالمقارنة مع تصور عَقْلي للبيئة.

يتكلم علماء النفس كثيرا حول التمييز بين معرفة الطريق، ومعرفة الخارطة(*). من السهل فهم هاتين الفكرتين. لو كانت لدينا معرفة بالطريق فإننا نعرف الطرق والعلامات الفارقة على طولها. نعرف شبكة من الطرق حيث تلتقي الطرق المختلفة بعضها مع بعض، لكننا لا نعرف ما يقع بين الطرق نفسها. يبدو أن النكتة المنسوبة إلى ملتقط سرطان البحر الغاضب في مين «لا يمكنك الوصول إلى

(*) في معرض حديثه عن العلاقة بين الموضوع وامتثال الموضوع، ميز الباحث البولندي الفريد كورجبسكي بين الأرض الجغرافية والخريطة، في محاولة منه لدفع الخطأ الذي يقع فيه كثير من الناس عندما يخلطون بين الموضوع في الواقع والصورة المجردة عقليا. [المحرر].

هناك من هنا»، تشـير إلى معرفة بالطريق، حيث لا توجد شـبكة طرق تربط من «هنا» إلى «هناك».

المعرفـة بالخارطة من جهة أخـرى هي معرفة شـاملة بالبيئة المحيطة. في عقلـك ترى المنطقة كأنـك تحلّق فوقها، وتـرى كل شيء تحتك بصورة مصغرة. كيف يمكننا أن نقرر فيما إذا كان للثدييات معرفة بالطريق أو معرفة بالخارطة؟ يدل أخذ طرق مختصرة بين طرق مكتظة بالسـير على معرفة بالخارطة، كمقابل لمعرفة الطريق.

في العـام 1948 أعلن عالم النفس إدوارد تولمان عن تجربة اسـتخدم فيها فئرانا تركض في متاهة لاختبار هذه الفرضية. أنشـأ متاهة مؤلفة من طريق طويل ملتف يمتـد من نقطة انطلاق الفئران إلى مـكان الطعام. أعطى تولمان الفئران وقتا كافيا في هذه المتاهـة لتطوير معرفة جيدة بمكان الطعام مقارنة بنقطة الانطلاق. اسـتبدل بعد ذلك تلك المتاهة بترتيب آخر لكنه احتفظ بالطريق الطويل الملتف. في الترتيب الجديـد أُدخلت طرق مختصرة يمكن للفئران أن تسـلكها للوصول إلى الطعام. وفق تولمـان، لو امتكلت الفئران معرفة بالخارطة، فإنها سـتجد الطرق المختصرة، لكن لو كانت لديها معرفة بالطريق فقط، فإنها ستسـتمر في اتباع الطريق الأطول. تبيّن أن الفئران وجدت الطرق المختصرة، مما يشير إلى أنها ربما امتلكت معرفة بالخارطة [13].

منذ تجربة تولمان أجريت دراسـات عدة على أصنـاف مختلفة لمعرفة ما إذا كان هناك دليل على اختصار الطريق. الذئاب على سـبيل المثال تصطاد في منطقة واسعة، وقد طورت إستراتيجيات في صنع ممرات داخل مقاطعتها وحولها. وعندما يتطلب الأمر ذلك تسـلك الذئاب البالغـة طرقا مختصرة، لكن الجراء تتبع الطرق المعروفة مسـبقا، أو تبقـى قريبة من ذئب بالغ [14]. إن عـادة الكلاب في التبول على الأشـجار هي عادة تطورية قديمة لتحديد الأثر. تستطيع الكلاب العثور على الأثر القديم من الرائحـة المتقطعة التي خلفتها. لكن هذا ربما يجذب الحيوانات المفترسة، لذا تنظف الكلاب أقدامها بحكّها بالأرض لإزاحة الرائحة من براثنها. كثيرا ما يخلط مالكو الكلاب بين هذا التصرف وعملية «دفن» الروث.

اكتشف أخيرا مكان الخارطة العقلية. هناك في أعماق الدماغ منطقة دعيت النظام الحوفي (limbic system). إنه أكثر بدائية مِنْ حَيث التطور من الإضافات

الأحـــدث كالقشرة الدماغيـــة الجديدة. إضافــة لكونه مركز الخارطــة العقلية، يــزود النظام الحوفي مقعــدا للذاكرة طويلة الأمد، وعواطف تســتنبط بالتفكير والإدراكات الخارجية.

اكتشـــف علماء الأعصاب طُرقا لِجَـــسّ خلايا عصبية منفــردة بأقطاب يمكنها تَوْضيح ما إذا كانت الخلية تطلق إشــارات (أي نشـــيطة) أو لا (خامدة). بتزويد الفئران بأسلاك مرنة تصل الأقطاب بأجهزة خارجية، أمكنهم تتبع ما يحدث داخل دماغ الفأر وهو يستكشف منطقته.

يبدو أن هناك نوعين من الخلايا يخلقان الخارطة العقلية: خلايا المكان، وخلايا الشــبكة. أعلــن عن خلايا المكان لأول مرة في العــام 1970 من قبل عالم الأعصاب جــون أوكيف [15]. هــذه الخلايا عبارة عن مصفوفة كثيفة مــن الخلايا في النظام الحــوفي لها عدد كبير من الوصلات بمناطق مجــاورة في الدماغ. يبدو أن كل خلية مــكان مبرمجة كي تطلــق بمعدل مرتفع عندما يكون الفأر في موقع محدد. لو كان الفأر في مكان آخر فستبدأ خلية مكان أخرى بالإطلاق.

ترتيب خلايا المكان وكيف تمثل البيئة للفأر غير معروف تماما، ويشــمل أجزاء أخــرى من الدماغ. لو أزيح الفأر إلى ترتيب جديــد، فإن نمط الإطلاق يتغير، لكن لاتــزال هناك أماكن محددة تمثــل بخلايا محددة. يبــدو كأن خارطة جديدة قد حمّلت فوق مصفوفة خلايا المكان.

يبــدو أن تمثيل المكان في مصفوفة خلايا المــكان يتعلق بسرعة التحرك ضمن البيئــة. بالنســبة إلى الملاحة البشرية فإن البيئة ووســائل النقــل مهمة، كما رأينا بالنســبة إلى الإنويت وســكان جزر كارولاين والنورديين. نمشي ونركض لمســافات بعيــدة، وقد تعلمنا الإبحار حول العالم ونقود الســيارات ونطير بالطائرات. كيف تؤثر طريقة الانتقال في عملية إدراكنا للمكان؟ لو مشينا في الجوار، فربما سنعرف جيدا تفاصيل بيتنا، والأرصفة في الخارج، والأشــجار المحيطة بالمجمّع. لو مشــينا أبعــد من ذلك فربما نعرف معظم المنازل، لكننــا نضيِّع بعض التفاصيل، وربما لن نعرف ما إذا غير شخص ما صندوق بريده.

لو قدنا ســيارتنا داخل بلدة، فربما نعرف التقاطعات الرئيســة، وحتى الطرق المختصرة لتجنب زحمة السير، لكننا قد لا نعرف أسماء الشوارع الجانبية كلها. لو

قدنا السيارة (من دون جهاز الـ GPS) لزيارة خالة تبعد عنا خمسمائة ميل، فربما نتذكر بعض العلامات الرئيسة على الطريق الدولي، لكن لو لم نزرها لفترة طويلة فربما نضيع بعد مغادرتنا الطريق السريع.

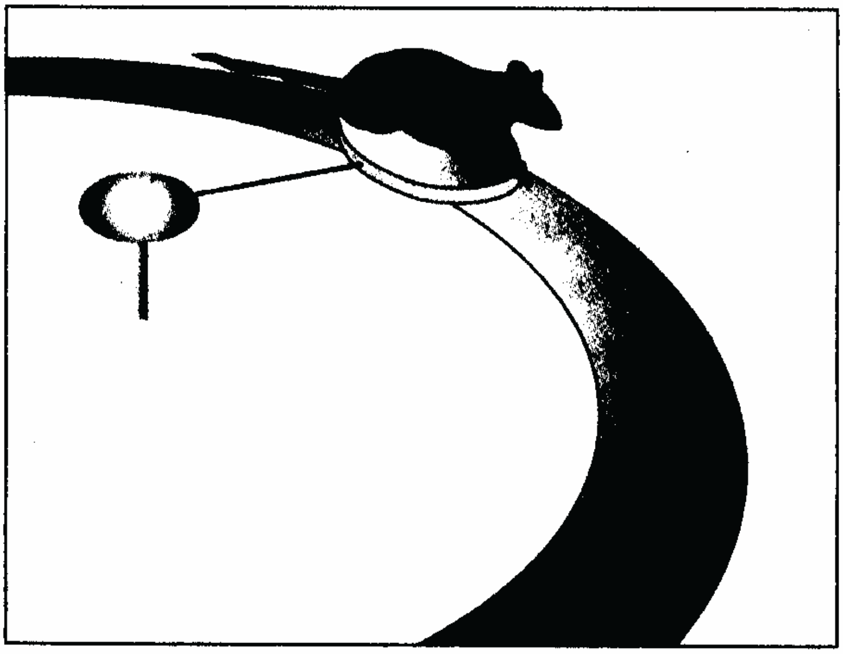
ربما يمتلك مَلّاح من جزر كارولاين يبحر حول جزيرته معرفة مفصّلة بمنازل جيرانه وحدائقهم والأماكن التي تبنى فيها الزوارق. ربما يشكل هذا خارطة عقلية واحدة، لكن عندما يبحر الملاح إلى جزيرة بعيدة يصبح نظام الإيتاك الخارطة العقلية الجديدة، ويتغير مقياس المسافات في العقل.

التقط المؤلف الطيار انطوان دي سانت اكزوبري هذا الشعور بِتَغير المسافة مِنْ اختراع الطائرة: «اهتزت نفسياتنا نفسها حتى الجذور، حتى أكثر أعماقها سرية. فأفكارنا عن الانفصال والمسافة والعودة هي انعكاسات لمجموعة جديدة من الحقائق، على الرغم من أن الكلمات نفسها لم تتغير. لإدراك معنى العالم اليوم نستخدم لغة خلقت للتعبير عن عالم من الماضي. تبدو حياة الأساس أقرب إلى طبيعتنا الحقيقية، لكن ذلك فقط لأنها أقرب إلى لغتنا» [16].

لم تكن هذه المرة الأولى التي يهتز فيها الشعور بالمسافة. وسّع اختراع البوصلة المغناطيسية وتطور الملاحة السماوية بعد ذلك كثيرا آفاق الأوروبيين الغربيين من القرن الثالث عشر إلى القرن الثامن عشر، خالقا مفاهيم جديدة للإحساس بالمسافة والابتعاد.

اختُبر مبدأ المقياس المتعلق بوسيلة الانتقال بخلايا مكانية من قبل مجموعة بحثية في جامعة أريزونا [17]. دربت الفئران على دفع منصة متحركة حول ممر دائري يمكنها أن تمشي فيه أيضا (الشكل 8). تغيرت أنماط إطلاق الخلايا المكانية، بحسب ما إذا كانت الفئران تسير أو تدفع المنصة. عندما كانت الفئران تدفع المنصة أصبح تمثيل الأماكن أكثر توزعا، كأن السفر في طائرة يُشوِّهُ تمثيلنا الداخلي للمسافات حول العالم.

يخلق الاستخدام الواسع لأجهزة الـ GPS قضية أخرى ذات صلة: ما الذي سيحصل للخرائط العقلية في حقبة الـ GPS؟ هل ستضمر القدرة على تصور مسافات بعيدة، أو حتى هل ستفشل في التطور بالنسبة إلى أجيال ترعرعت على هذه الأجهزة؟



الشكل (8): فأر يمشي ويستكشف منطقة على عربة متحركة.

اكتشف ادفارد موسر وزملاؤه أخيرا دليلا آخر على آلية الخارطة العقلية دعيت «خلايا الشـبكة». وكما فعل أوكيف من قبل، سـمح موسر للفئران بأن تتجول في بيئة ما، لكن فريقه هذه المرة راقب الخلايا العصبية في منطقة تجاور موقع الخلايا المكانية في الدماغ. دعيت هذه المنطقة القشرة الداخلية الأنفية وهي موطن خلايا الشـبكة [18]. هنا وجد موسر وزملاؤه أن هناك شـبكة خلايا واحدة تطلق عندما يكون الفأر عند عدة مواقع، لكنها مواقع محددة، في بيئته.

المواقع التي أطلقت عندها شـبكة الخلايا خلقت نمطا يشـبه نمط بلاط أرض الحمام. في الرياضيات هناك ثلاثة أشكال هندسية منتظمة فقط يمكنها أن تغطي سطحا ما: مثلثات متسـاوية الأضلاع ومربعات ومسدسات. اكتشف فريق موسر أن شـبكة الخلايا تمثل الفضاء على شـكل مصفوفة من مثلثات متساوية الأضلاع. تطلق شـبكة خلايـا واحدة بمعدل عال عندمـا يكون الفـأر فيزيائيا عند إحدى النقاط في هذا الشـكل المنتظم. لو تحرك الفأر إلى نقطة أخرى ضمن هذا الشكل المنتظم فسـتطلق شـبكة الخلايا ذاتها بمعدل عال أيضا. لو تحرك الفأر إلى نقطة أخرى مزاحة قليلا وليسـت على الشبكة، فسـينخفض معدل إطلاق الخلية، لكن شبكة خلايا أخرى متعلقة بشبكة منزاحة قليلا من المثلثات ستبدأ بالإطلاق بمعدل

عـــال. مـــن الغريب أن يمثل العقـــل بطريقة ما المكان بمصفوفة مـــن المثلثات. في التقليد الأوروبي الغربي في صنع الخرائط والرياضيات ننشـــئ عادة خرائط وأشكالا باستخدام شبكة منتظمة من المربعات.

يؤثـــر الإدراك والتخمين الصائب في الطريقة التي تســـتجيب بها خلايا المكان وشـــبكة الخلايا للبيئة. عندما يتغير التخمين الصائب أو تتبدل الشـــواهد البصرية يتغير شكل شبكة الخلايا والخلايا المكانية. من الواضح أن الخارطة العقلية تحدّث باستمرار بواســـطة هذه المدخلات. تشمل هذه المدخلات شواهد بصرية، وشكل المنطقة التي يستكشـــفها الفأر. تمتلك الخلايا المكانية وشبكة الخلايا شبكة كثيفة مـــن الارتباطات، ويبـــدو أن تفاعلاتها بعضها مع بعض هـــي التي تخلق الخارطة العقلية.

وكي لا تعتقـــد أن هذا يقتصر على الفئران فقط فإن المناطق المماثلة في الدماغ البـــشري تطلق أيضا عندما تنهمك بالملاحة. في دراســـة حديثة طلب من عدد من الناس أن يستكشفوا أرضا مرئية، بينما روقب تدفق الدم في أدمغتهم. وبينما كانوا يستكشـــفون «عقليا»، أظهرت المناطق التي تحتوي على الخلايا المكانية وشـــبكة الخلايا نشاطا متزايدا، مشيرة إلى آلية لخلق الخارطة العقلية في البشر مماثلة لتلك الموجـــودة في الفئران[19]. أجزاء الدماغ التي تحتوي على الخلايا المكانية مســـؤولة أيضا عن نـــوع من التذكر طويل الأمد، والذي يدعى أحيانا بالذاكرة الإعلامية لأن بإمكان الشخص أن يستدعي قصة من الماضي شفهيا.

بينما قـــد تختلف لغات الملاحة وإســـتراتيجياتها من ثقافـــة إلى أخرى، يبدو أن توصيـــلات الدماغ التي تخلق اللغة والخرائـــط العقلية والمهارات الأخرى هـي خاصـــة فطرية نولد بها. تعتمد مهارة الملاحة عـــلى التفاعل بين الذاكرة والإدراك والخارطة العقلية.

3

حول الضياع

يضيع الناس بطرق مختلفة، لكن ردود أفعالهم تبقى متشابهة بشكل ملحوظ. تهبط عاصفة على الجبال بحيث تمحو العلامات الفارقة لمتسلق. ويركز صياد بشغف على اتباع أثر ظبي لكنه يضل طريقه في غابة كثيفة. ويدخل راكب زورق الكاياك الجلدي في طبقة من الضباب. ويفقد طيار إحساسه بالأفق. ولا يجد بحار طريق العودة إلى الشاطئ. ويمكن لهم جميعا أن يشعروا بالرعب نتيجة لضياعهم.

الضياع في موقف سيارات حيث يمكن الحصول على مساعدة، أو حيث يوجد جهاز GPS، هو شيء، والضياع في مكان لا توجد فيه طريقة لإعادة تحديد المكان شيء آخر. يعرِّف البروفسور كين هيل من جامعة سينت ماري في نوفا سكوتيا الخبير بالناس التائهين هؤلاء كما يلي: «لا يستطيع الشخص التائه أن يحدد موقعه الحالي أو اتجاهه بالنسبة إلى أماكن يعرفها، ولا يمتلك الوسائل أو الطرق الفعالة لإعادة توجيه نفسه»[1].

«يخلق الأشخاص التائهون في الأغلب ممرا ملتفا يمكنه غالبا أن يدور حول نفسه»

ربمـا يبدو الشـطر الأول من التعريف مألوفا: فأنـت لا تعرف موقعك. تعرض معظمنا لوضع تاه فيه مؤقتا. لكن الشـطر الثـاني من التعريف أكثر خطورة: إذا لم تكن هناك طريقة لإعادة توجيه نفسك، فستكون في ورطة كبيرة.

نتنقـل في معظـم الأحيـان في مناطق نعرفهـا. وتعطينا الشـواهد التي نمر بها في رحلتنـا تفاصيل تبقينـا في الاتجاه الصحيح. الأرجح هـو أن نضيع في منطقة غير معروفة لنا. ربما ننطلق إلى بلدة أو مدينة من دون خارطة على طريق معروف، لكننا نأخذ منعطفا خاطئا إلى منطقة مسـتودعات مهجـورة غريبة، وسرعان ما يبدو كل شيء لنا غريبا ومتماثلا. في رحلة أطول، وربما في مكان غريب، قد تكون لدينا خارطة حيث يجري التأكد من العلاقة بين تفاصيلها، وخبرتنا على الأرض، لكننا قد نسترسـل في محادثة ما، وفجأة يفقد كل شيء مرئي على الأرض علاقته بأي إشارة إلى الخارطة.

تساعدنا العلاقة بين خارطة فيزيائية أو خارطة عقلية وإدراكاتنا في الحفاظ على اتجاهنـا، لكن إحدى المراحل الأولى في الضياع تشـمل عملية تدعى «لَيّ الخارطة» (Bending the map). يـأتي هذا المصطلح مـن رياضة «تحديد الاتجاه»(*)، حيث يعثر المتنافسـون على اتجاهاتهم بواسـطة سلسلة من الإشـارات التي تعطى لهم على خارطة عند بداية السـباق. قد يتوه المتنافسون ويظنون أنهم في مكان ما على الخارطـة، ويحاولون عقليـا أن يقحموا خصائص يشـاهدونها كي تنطبق على تلك المشار إليها في الخارطة حتى لو كانت العلاقة بينهما ضئيلة.

الإنكار آلية دفاع نفسـية فعالة، وَلي الخارطة هو أحد أشكال الإنكار التي يقوم بها الإنسان التائه. ربما يعتقد الإنسان التائه في البداية أنه في مكان ما على الخارطة، لكن الأشـياء حوله لا تبدو صحيحة. يركـز اهتمامه على التفاصيل التي تؤكد أن ما يعتقده مسـبقا هو الصحيح، متجاهلا الدلائل كلها التي تشـير إلى عكس ذلك. ربما يفتـش الشـخص التائه عن جدول يتجه جنوبا على الخارطـة. إنه متأكد ذهنيا أنه وصل إلى الجدول. يجري الجدول شرقا لكنه يتجاهل هذه الحقيقة، ويتبعه على أي حال. ربما يستغرق الأمر بعض الوقت، لكن قد تأتي اللحظة التي يدرك فيها أن شيئا ما غير صحيح، ولا يعلم السبب وراء ذلك.

(*) Orienteering: رياضة تنافسية تدمج ما بين مهارات التسابق ومهارات الملاحة. [المحرر].

فجــأة يدرك الجوال التائه أن خارطته وإدراكاتــه لا تتوافقان. يسري الرعب في أوصاله. وترســـل مراكز العاطفة في دماغه إشـــارات التحذير. وتتشوش إدراكاته مع رد فعل على شكل «صارع أو اهرب» (Finght or Flight). تغمر كميات كبيرة من الأدرينالين الدماغ والجسم. يزداد التنفس وضربات القلب. يرفض الشخص الاعتقاد بأنــه ضاع، ويركض محموما في اتجاه يعتقد أنه ســيعود به إلى مســاره، لكن فقط ليغوص أكثر في المشــكلة. يتســابق احتمال أول ثم ثانٍ خلال عقله المضطرب، ومع ذلك لا يحصل على أي شيء أكيد.

«صدمــة الغابات» (Woods Shock) هو المصطلح الذي يطلق على هذا النوع مــن نوبات القلق التي تأتي من إدراك الشــخص أنه ضائع. ولأن صدمة الغابات قد تؤدي إلى تصرفات مضرة، فمن الأفضل للشــخص الضائــع أن يبقى حيث هو، وأن ينشغل بنشاط هادئ، كأن يشعل نارا صغيرة في المخيم، قد تخفف قلقه. ربما يتخلى الشــخص الضائع عن حقيبته كي ينتقل بسرعة، لكن هذا يؤدي فقط إلى ضياع أكبر، وإلى البقاء من دون وسيلة تحفظه جافا ودافئا.

تحــدث خبرة القلــق من الضياع في أوضــاع أخرى غير صدمــة الغابات. يتعرض الطيــارون، خاصة، لتأثيرات الضياع الفضائي. وبينما يتعامل الجوال والبحار مع بيئات ثنائية الأبعاد، على الطيار أن يحافظ على اتجاهه في الأبعاد الثلاثة. في كثير من الأحيان لا تعمل الدلائل الإدراكية كلها كما وصفت في الفصل الســابق بشكل طبيعي، ويمكن أن يفقــد الطيارون حس الاتجــاه الأفقي والعمودي لديهم. يمكــن أن يخلق الضياع الفضــائي لدى الطيارين ظاهرة «الانفصام» (Break – off) حيث يشــعر الطيار بأنه منفصل عن جســده وعن الطائرة، وحتى عــن الأرض[*]. يحدث هذا غالبا للطيارين على ارتفاعات شاهقة في رحلات طويلة خاصة عندما لا يجري تحديد الأفق بدقة.

في جــزر مارشــال هناك الكلمة ويويجيــت (wiwijet) والتــي تعني في لغتهم «ضائع» و«خائف» معا. التقط عالم الإنسانيات جوزيف غينز في أطروحته للدكتوراه معنى هذه الكلمة من مخبر يدعى إيســيو[2]. بحســب غينز «شرح إيســيو خلال

(*) تســتدعي هــذه الحالة إلى الذاكرة «دليل الإنســان الطائر أو المعلــق»، وهو تجربة ذهنية اســتعان بها ابن ســينا في كتاب «النفس» من موســوعة «الشــفاء» للبرهنة عــلى خلود النفس ووجودها. [المحرر].

مقابلات لاحقة معنى الكلمة «ويويجيت». إنها تعبر عن ملاح ضائع لا يحصل على أي مساعدة [من نَفْسٍ خَيِّرة] لمعرفة المسار نحو اليابسة، وبالتالي يفقد عقله، ويظل يبحـــر في الاتجاه الخاطئ حتى يموت». ربـــط غينز أيضا قصة البحار الذي يضيع في البحر ويعاني تجربة الويويجيت، ومع ذلك ينجح في العودة إلى اليابســـة. حتى بعد العودة إلى اليابسة فإنه يظل يشعر بدرجة من الويويجيت(3).

سلوك الأشخاص الضائعين

كثيرا ما نتعلم العديد حول الأنظمة حينما تفشـــل. إن حالة الضياع هي عملية فشـــل وانهيار في آلية التوجه. وبينما لا نســـتطيع التحديق داخـــل أدمغة التائهين، غير أنـــه يمكننا الحصول على بعض التبصر من فيض المعلومات التي تراكمت خلال الســـنين حول تصرفاتهم. ربما يبدو من المدهـــش في البداية أن تكون البيانات حول الناس الضائعين مســـجلة. لكن عندما يصل تقرير عن ضياع شخص ما إلى السلطات فإنـــه يطلـــق عملية بحث وإنقاذ(*) ضخمة. يمكن أن يتعرض المفتشـــون أنفســـهم للخطر، وربما يكون اســـتخدام الموارد مكلفا. لو فهم فريق البحث والإنقاذ التصرف المحتمل لشخص ضائع، فسيمكنه التركيز على البحث بشكل أفضل.

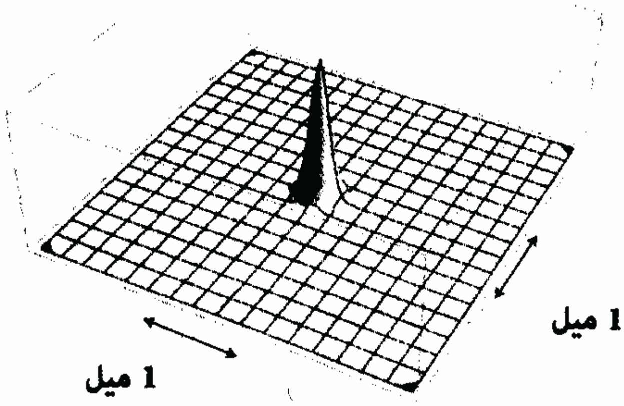
إحدى أكـــبر قواعد البيانات حـــول الناس التائهين هي مـــشروع قاعدة بيانات حوادث البحث والإنقاذ العالمي (ISRID) (4)، والذي بدأ في العام 2002 للمســـاعدة في إنشاء نماذج إحصائية لتصرف الأشخاص التائهين. شملت العوامل المهمة التي جرى تســـجيلها، السن والخلفية والأرض والطقس والنشـــاط الذي كان يقوم به الشخص قبل أن يتوه مباشرة. تشير إحدى النتائج إلى أن التائهين وجدوا، في المتوسط، قريبين نســـبيا من آخر موقع معروف لديهم، على الرغم من أنهم ربما ساروا مسافة أطول بطريق ملتوٍ للوصول إلى هناك.

أكثر المعلومات فائدة بالنسبة إلى فريق بحث وإنقاذ هي احتمال العثور على شخص ما في منطقة معينة. في البحث عن شخص ضائع يبني فريق البحث والإنقاذ أولا خارطة احتمالات يكون مركزها عادة آخر موقع معروف كان فيه الشخص التائه موجودا. تصف الخارطة احتمال العثور على الشخص التائه بالنسبة إلى نقطة البداية هذه.

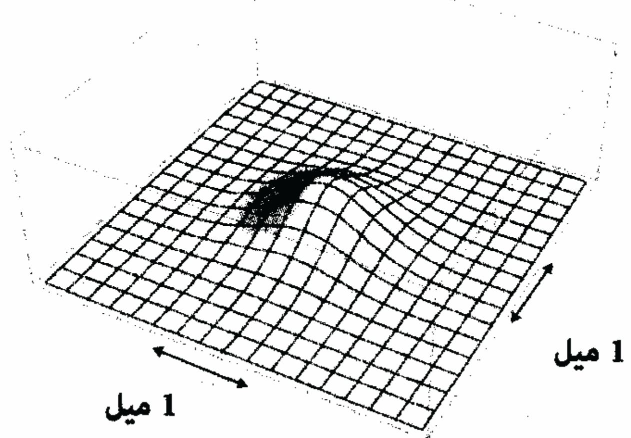
(*) SAR: Search – and – Rescue.

خــلال الســنوات تطورت قواعــد البيانات المشــابهة لمــشروع ISRID بصورة متزايدة. على الرغم من أن هذا يختزل آلاف حالات الصراع بين الحياة والموت إلى ما يبدو أنه معادلات رياضية مبتذلة، فإنه يســمح بتقدير منطقي للتصرفات المحتملة للتائهين، والمواقع المحتملة التي يمكن العثور فيها عليهم.

أحد أبســط النماذج الإحصائية لتصرف شــخص تائه يدعى «الســير العشوائي» (Random Walk). في ســير عشوائي قد يسير الشخص مسافة ما في خط مستقيم، ثــم يصادف نقطة انعطاف، ويغير اتجاهه عشــوائيا مرة أخرى. ومع تقدم الســير العشــوائي فإن أكثر المواقع احتمالا للعثور على الشــخص تبقى عند نقطة انطلاقه، لكن المنطقة التي يمكن العثور عليه فيها تتسع مع مرور الوقت.



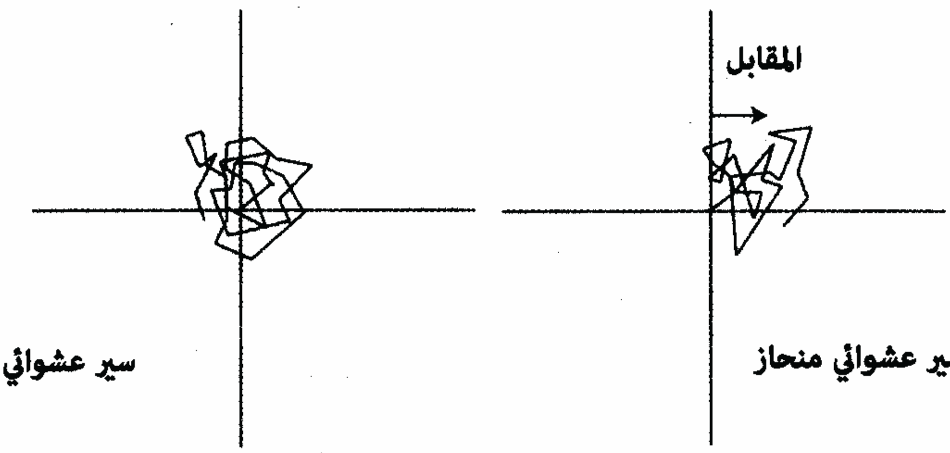
الموقع المحتمل بعد يوم واحد



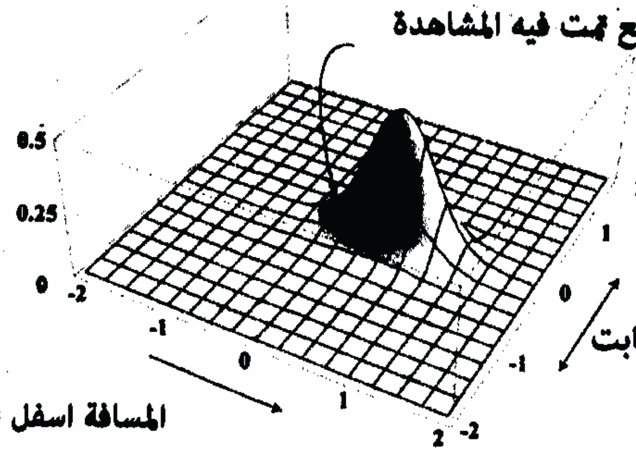
الشــكلان (9«أ» و9«ب»): في سير عشــوائي بسيط فإن المسافة المحتملة للجوال التائه من نقطة انطلاقه تزداد ببطء مع الزمن.

في الواقع لا يعمد الأشخاص التائهون إلى السير عشوائيا كما وصف سابقا، لكن السير العشوائي مفيد كنموذج بسيط، يوضح كيف يمكن للاحتمالات أن تساعد في البحث. يمكن أن تكون المسافة الكلية التي يقطعها شخص تائه على مسار متعرج طويلة جدا، لكن المسافة المتوسطة المباشرة من نقطة البداية إلى المكان الذي يمكن العثور عليه فيه قصيرة بشكل مدهش. في دراسة لمائة صياد تائه، وجد أنه على الرغم من أنهم مشوا في المتوسط مسافة كلية بطول 8 أميال، فإنهم انتهوا على بعد ميل وربع الميل فقط من النقطة التي شوهدوا فيها آخر مرة(5). يظهر الشكل (9) احتمال العثور على شخص يقوم بالسير عشوائيا بعد ساعة واحدة، وبعد أربع وعشرين ساعة.

أحد أشكال السير العشوائي يدعى السير العشوائي المنحاز (Biased Random Walk) (الشكل 10). في هذه الحالة، على الرغم من أن التغيرات في السير عشوائية في أغلبها، فإن بعض العوامل قد تدفع الشخص قليلا في اتجاه ما دون الآخر. أحد العوامل هو وجود منحدر. حتى لو صمم الشخص على الحفاظ على مسار محدد، غير أن الدفع المستمر للجاذبية يجعله ينحدر بشكل منتظم للأسفل سواء أدرك ذلك أم لا. من المحتمل العثور على بعض المتجولين كالصيادين أو الرحالة في أسفل منحدر أكثر من أعلاه بدءا من النقطة التي شوهدوا فيها لآخر مرة. قد تكون هناك عوامل أكثر في الانحياز للنزول إلى أسفل الهضبة: يتذكر الرجال والنساء كثيرا النصيحة التقليدية بأن في إمكانهم السير نحو المناطق المأهولة باتباع جريان المياه أسفل المنحدرات. في سير عشوائي منحاز تتوسع منطقة المواقع المحتملة أيضا، لكن يحصل



الشكل (10) إلى اليسار: في سير عشوائي ينتقل الشخص بخط مستقيم لمسافة معينة، ثم يغير اتجاهه ويتحرك بخط مستقيم ليغير اتجاهه مرة أخرى عشوائيا. إلى اليمين: في سير عشوائي منحاز يمكن لعوامل مثل وجود منحدر أسفل هضبة أن تدفع الشخص إلى السير في اتجاه واحد.



الشكل (11): الموقع المحتمل لمتجول تائه في منطقة منحدرة في سير عشوائي متحيز. في هذه الحالة ربما كان المتجول على تلة، بينما تقع الطرقات والدروب عند الارتفاع الأدنى.

تغير في نقطة البداية. يمكن أن تساعد هذه المعلومة فريق البحث بالتركيز على منطقة أسفل هضبة، حيث يعتقد أن الشخص يبحث عن المأوى والمساعدة هناك.

في الواقع نادرا ما تكون المسارات التي يسير فيها التائهون عشوائية كما وصف مسبقا. أقرب حالة هي عندما يحاول شخص ما شق طريقه في غابة لا ملامح فيها، ومن دون أشعة الشمس، أو وسائل الحفاظ على اتجاه ثابت. يخلق الأشخاص التائهون في الأغلب ممرا ملتفا يمكنه غالبا أن يدور حول نفسه. هذا شائع جدا، لكنه مثير جدا للقلق أن تعتقد بأنك تسير في خط مستقيم لتنتهي في المكان نفسه بعد عدة ساعات من السير.

في أكتوبر 2001 شرع جيسون رازموسين وحده في التجوال في أجزاء من مسار باو فاو في ريف مينوسوتا. ما بدا على أنه رحلة قصيرة في عطلة نهاية الأسبوع تحول إلى صراع على البقاء. بعد أن تاه، خيم عند بحيرة في الليل، وقرر السير إلى رأس الأثر في اليوم التالي. بعد التجوال في الغابة ساعتين وصل إلى بحيرة ثانية. يقص المؤلف غاري غريفيث هذا في كتابه ضياع في البرية[6]:

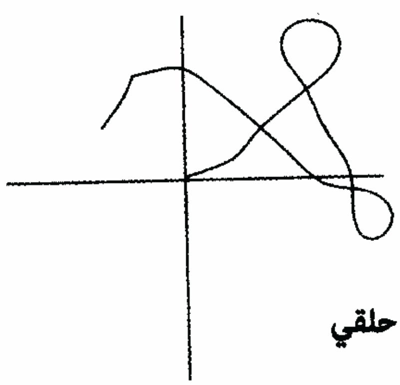
ثم يراها. هناك بريق واضح للماء من خلال الأغصان الكثيفة الملتفة. لكنه الآن بعد قطع هذه المسافة الطويلة لا بد أن يكون أبعد إلى الشرق من بحيرة بوز (Pose Lake). هناك شيء ما حول هذه المياه، الطريقة التي تومض بها من خلال الأغصان مألوفة له بشكل مريب.

لم يستطع التأكد من الأمر، لكنه شك في أن الاضطراب في معدته نجم عن أن هذا المشهد - الوميض من خلال الأغصان - بدا مشابها جدا للمياه التي رآها في الصباح. يأخذ عدة خطوات أخرى نحو البحيرة. ينظر إلى الماء، محدقا بين الغصون، ثم تضربه الفكرة ليس بطريقة سارة، أو بدهشة خفيفة. صدمته كأن شخصا يلكمه وسط معدته. «يا للمسيح» يفكر. «إنها البحيرة نفسها، أنا في الموقع ذاته تماما الذي كنت فيه منذ ساعتين!».

يبدأ شيء يشــبه الرعب البطيء المحرق يسري في جسمه. إنه الآن مذعور حقا. عندما يفكر في المســافة الطويلة التي سارها مقتحما الأدغال الرطبة خلال الساعتين الماضيتين، على مســار دائرة واســعة أعادته إلى نقطة انطلاقه تماما يصبح مضطربا تماما. إن هذا يشبه فيلما من أفلام الخيال العلمي حيث ينحصر الكون بكامله ضمن حــدود غابة برية، وليس هناك منفذ للخروج منها. لقد حكم عليه أن يســير ضمن دوائر ضخمة خلال الغابة.

يشــير هذا الوصف أيضا إلى بدء حدوث صدمة الغابات. أخيرا عثر على جيسون بعد عملية بحث ضخمة.

تمتلــئ كتابات الرحلات في الخــارج بتقارير عن أناس تائهين حاولوا الخروج من ورطتهم فقط ليجدوا أنفسهم يعودون إلى دروبهم الأصلية في نقطة ما. اختبرت أخيرا الفكرة المحكية في السير في دوائر بتركيز أكبر من قبل باحثين. اختبر جان سومان من معهد ماكس بلانك في توبنغن بألمانيا ومســاعدوه عددا من الأشــخاص لهذا الغرض في ثلاثة أوضاع مختلفة(7). وضع بعض الأشــخاص في غابة واســعة منبسطة في يوم



الشــكل (12): طريق حلقي ناعم يميز مســار شخص تائه في منطقة لا ملامح لها ومن دون أدلة على الاتجاه.

غائم، وطلب منهم أن يسيروا في اتجاه معين. كان من الصعب عليهم السير في طريق مستقيم. كانت طرقهم ممهدة، لكنهم داروا حول أنفسهم عدة مرات كما يظهر من الشكل (12). عزت دراسات أقدم الميل إلى السير في دوائر إلى اختلاف في طول القدمين يجعل الأشخاص التائهين يسيرون بانتظام إلى اليمين أو إلى اليسار[8]. يعتقد سومان ومساعدوه أن السبب ربما يعود إلى تراكم الضجيج في أجزاء الدماغ التي تساعد في عملية التخمين الصائب وهو موضوع سيناقش في الفصل التالي.

يعمل نموذج السير العشوائي البسيط إلى حد معين فقط. آلية الـ ISRID أكثر تطورا بكثير للتنبؤ بتصرف الأشخاص التائهين. بينما يكون الموقع الأكثر احتمالا للعثور على الشخص التائه هو الأقرب إلى آخر مكان شوهد فيه، كما في نموذج السير العشوائي البسيط، غير أن خارطة الاحتمالات لا تتسع مع الوقت كما يتوقع النموذج البسيط. وبحسب روبرت كويستر، وهو منظم رئيس لـ ISRID، فإن هذا يحدث لأن الأشخاص التائهين يميلون إلى الالتفاف رجوعا إلى نقطة معروفة لهم مع مرور الوقت، مما يجعل خارطة الاحتمالات ثابتة نسبيا[9]. نماذج ISRID أكثر قدرة على التنبؤ من نماذج السير العشوائي البسيطة لأنها مبنية على تجميع بيانات من الواقع.

شخصيات وسلوك

تساعد معرفة شخصية التائه في عمليات البحث والإنقاذ لأن الأشخاص يتوهون لأسباب مختلفة، ولأنهم يتصرفون بطرق متباينة. فصل الباحثون سيروتوك وهيل وكوستر الأنواع الشائعة للأشخاص التائهين الذين ينبغي على مهمات البحث والإنقاذ تنظيم البحث عنهم[10]. هنا بعض الشخصيات الشائعة للأشخاص التائهين التي ظهرت من بحثهم:

أطفال صغار جدا (من سن الثانية إلى السادسة)

من المحتمل أن يتشتت انتباه الأطفال من سن الثانية إلى السادسة بشيء ما، وينفصلوا عن أصدقائهم أو عائلاتهم. لا يستطيعون الانتقال بعيدا عن آخر نقطة شوهدوا فيها. وفي كثير من الأحيان فإن غريزتهم في البحث عن الراحة تنقذهم، إذ إنهم يبحثون عن موقع آمن، والانتظار فيه.

أطفال أكبر (من سن السادسة إلى الثانية عشرة)

يمكن أن تكون هذه السن خطيرة لأن الأطفال قد يبدأون بتطوير خرائط عقلية لهم، لكنهم لم يحصلوا بعد على مهارات المحافظة على الاتجاه، أو إعادة تموضعهم. فهـم يدركون أنهـم تاهوا، لذا يتملكهم الخوف، ويمشـون في مسـارات دائرية في محاولة منهم للوصول إلى بر الأمان مما يجعل العثور عليهم أمرا شاقا.

الجوالون والرحالة

يتبع الجوالون أحيانا بالمصادفة آثـار الطرائد أو يفقدون الاتجاه عندما يغطي ممر معروف منطقة صخرية لا تحوي علامات واضحة. في فريق من الرحالة يحمل واحد منهم عادة خارطة أو بوصلة ويكون على علم بالمنطقة، ويتخلف شخص آخر مـن الفريق عن البقيـة وينعزل عنها. وعندما يحدث هذا قد لا يمتلك أي وسـيلة لمعرفة الاتجاه، وربما ينحرف عن المسار الرئيسي[11].

الصيادون

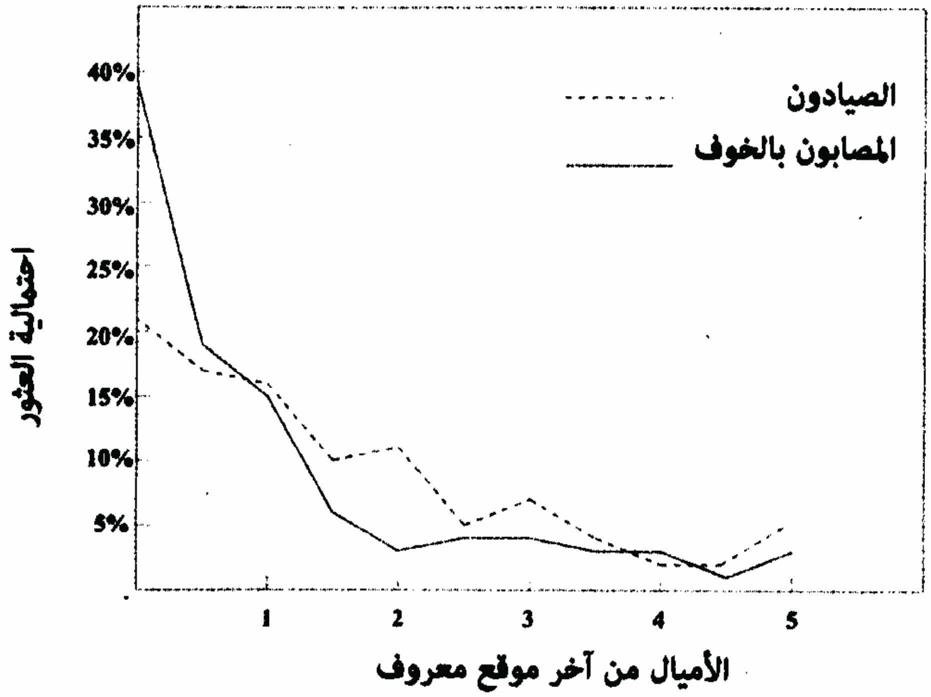
ينغمس الصيادون غالبا في اتبـاع الطرائد مركزين على آثار الحيوانات. وعندما ينهمكون في المطاردة، ينسون غالبا تفقد بوصلاتهم وخرائطهم وفي النهاية يتوهون. وغالبا ما تكون أفضل الفرص للعثور على طرائد في مواقع بعيدة. وبعد الانتقال إلى هناك يخطئون غالبا في تقدير المسافات التي قطعوها.

المصابون بالخرف

يتجول المصابـون بالخرف (Dementia)، وبشـكل رئيس ضحايـا الزهايمر في الغابات، من دون استراتيجية أو حتى من دون أن يعوا أنهم قد ضلوا طريقهم. ربما يطلق شيء ما ذكرى فقدت من زمن، ما يؤدي إلى تصرف يشبه السير العشوائي.

هناك احتـمالات أخرى عديدة: متزلجو المسـافات الطويلة، والمتزحلقون على الثلـج، وملتقطو الفطر، وحتى اللاجئـون. تمثل القائمة المذكـورة القليل فقط من الأصناف المسجلة.

يعثر على الجوالين والصيادين كمجموعة على مسـافة أبعد بكثير (نحو 3 أميال في 75 في المائـة من الحالات) من آخر موقع معروف لهم من ضحايا فقدان الذاكرة



الشــكل (13): متوسط المســافات للصيادين والتائهين المصابين بالخرف من نقطة بداية البحث عنهم إلى المكان الذي يُعثر عليهم فيه، بناء على بيانات من كوستر. يوجد المصابون بالخرف غالبا في مكان أقرب إلى نقطة البداية من الصيادين. توزع الأماكن بالنســبة إلى الجوالين مشابه لذلك للصيادين، بينما يكون توزيع الأماكن بالنسبة إلى الأطفال مشابها للمصابين بالخرف.

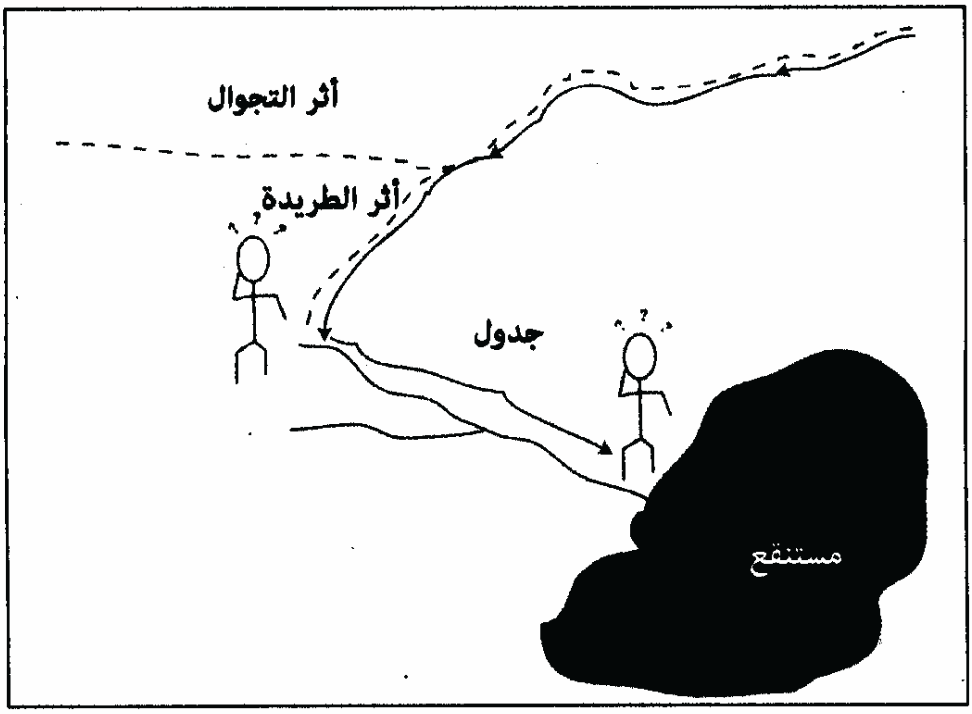
أو الأطفــال الصغــار (الذين يعثر عليهم في 75 في المائــة من الحالات على بعد ميل واحــد)[12]. يبين الشــكل (13) التوزيع المأخوذ من بيانــات ISRID. هذه النتيجة ليست غريبة، عند أخذ الفارق بين حركة المجموعتين وخبراتهما.

النجاة من الضياع

باســتثناء الضحايا المصابين بالخرف، والأطفال الصغار يســتخدم معظم التائهين عــدة اســتراتيجيات للنجاة. يحاولون في حالات عدة تســلق أعلى نقطة في المنطقة للحصــول على رؤية جيدة لمحيطهم. في بعض الأحيان يتذكرون النصيحة الشــعبية الرائجــة في الســير أســفل المنحدر للعثور على جــدول ماء، ثم تتبــع هذا الجدول للوصول إلى المناطق المأهولة. لكن هذا لا ينجح دوما.

يظهر الشــكل (14) مثالا على تصرف موجه نحــو هدف في محاولة للنجاة من الضيــاع. يمشي جوال على مســار معروف، يســتخدم أيضا من قبــل الحيوانات في المنطقــة. في نقطة ما، تنحرف الحيوانات عن مســارها طلبا للماء. لو أخطأ الجوال مســار الطرائد، وظنه مســار التجوال فإنه سينحرف تبعا لذلك، وسيتبع هذا المسار

مسافةً ما. ومع وصول المسار إلى مصدر الماء - جدول - يختفي أثر الطرائد ويحتار الجـوال فيما يفعل. يعود الجوال على أعقابه، لكن قد لا يكون من السـهل معرفة المسـار الرئيس، لذا يتبع الجوال مرة أخرى مسـار الطرائد. وعندما يدرك أنه ضاع، يقـرر اتباع الجدول في أسـفل الهضبة، معتقدا أن هذا سـيقوده إلى مكان مأهول، فقط ليعلم أن الجدول يصب في مستنقع كبير حيث يصبح عندها ضائعا تماما.



الشـكل (14): تصرف موجه نحو هدف لجوال ضائـع. يتبع الجوال خطأ أثر طريدة، ثم يتبع مسار جدول لينتهي في مستنقع.

في بداية الفصل الثاني، وصفت فتاتين ضاعتا في الضباب في نانتوكيت سـاوند. لم أستطع فهم علة العثور على زورقيهما على بعد أميال عدة من الشاطئ، وفي منطقة تتولـد فيها تيارات قوية. طور توم ليش مدير الميناء في ميناء هارويش نظرية حول مـا حدث. هناك عوامة على بعد ميلين من الشـاطئ لتحديد منطقة المياه الضحلة التـي يجب على المراكب الضخمة أن تتجنبهـا. للعوامة أنبوب طويل يصدر هديرا منخفضـا من جـراء حركة الأمواج. تعودت على صوت هـذه العوامة وموقعها من عدة جولات تجديف قمت بها في تلك المنطقة. خمن توم أن الفتاتين عندما ضاعتا في الضبـاب جدفتا باتجـاه صوت العوامة، معتقدتين أن هذا سـيحدد لهما مدخل الميناء، ومن ثم النجاة. وفي الحقيقة فقد كانتا تجدفان أبعد في نانتوكيت ساوند.

باستثناء المطارَدين والأشخاص اليائسين لا يريد معظم الأشخاص الضائعين أن يبقوا كذلك. يتبع العديد منهم خطة يعتقدون أنها ستنقذهم من المشكلة. يبدو أن تصرفاتهم تقع ضمن عدد من الأصناف المعروفة. صنف كين هيل بعض الاستراتيجيات الشائعة التي يستخدمها التائهون في محاولة العثور على مخرج نحو بر الأمان[13]. استنتج هذه الاستراتيجيات من مقابلاته لأشخاص بعد العثور عليهم، ورتبت إلى أنواع معينة من التصرف:

التنقل العشوائي: يشبه كثيرا السير العشوائي البسيط، حيث يتبع المتنقل عشوائيا طريقا دائريا. يتبع الأطفال في سن المدرسة غالبا هذا النمط.

التنقل على مسار: يشمل هذا اتباع مسار أو أثر للوصول إلى منطقة مأهولة. يتبع الشخص الضائع أثر طريدة ما، أو ممرا مهملا، أو حتى ما يظنه طريقا أقل تهذيبا معتقدا أنه سيؤدي به إلى منطقة مأهولة.

التنقل حسب الاتجاه: عندما يستطيع الشخص تحديد اتجاه التنقل والحفاظ عليه باستخدام وسيلة لتحديد الاتجاه كالبوصلة، فإنه يفترض أنه لو سار لمسافة كافية في اتجاه واحد فإنه سيعثر في النهاية على شيء مفيد. يشير هيل إلى أن هذه الاستراتيجية نادرا ما تكون فعالة. وغالبا ما يركز الشخص بقوة على الانتقال في طريق مباشر بحيث يعبر شارعا من دون أن يلتفت إليه. وفي حالات أخرى قد يجد نفسه قد توغل أكثر في الغابة.

أخذ عينات من الطريق: يحاول الشخص الضائع تحديد مبدأ للعمليات مثل ملتقى طرق، والمحافظة عليه، ثم يتنقل على مسار آثار أو دروب مختلفة أو على مسافات متوسعة. يدعي هيل أن هذه الطريقة قد تكون فعالة، خصوصا إذا كان الشخص مستعدا للعودة إلى الموقع الرئيس الذي انطلق منه.

تطوير الرؤية: يسير الشخص نحو تلة أو يتسلق أعلى نقطة يمكنه الوصول إليها ليلقي نظرة على البيئة المحيطة به على أمل أن يجد منفذا واضحا للخروج منه. وتكون تغطية الهاتف الخليوي أفضل غالبا عند ارتفاع أعلى لعدم وجود مصدات للإشارة.

تقفي أثر العودة: بما أن نقطة البداية للرحلة معروفة عادة، يمكن للجوال أو الصياد التائه إذا استطاع العثور على أثره الخاص أن يتبعه للعودة. يتطلب هذا مهارة في التعرف على الأثر واتباعه.

تقلد الاستراتيجيات التي يستخدمها التائهون أساليب حياتهم، ويمكن استخدامها لتمثيل ذلك. يقضي بعض الناس حياتهم وهم يجربون مهنة بعد أخرى. بعضهم يمضون قدما على مسار محدد غير عابئين بما يحيط بهم. ويبدو أن بعضهم يتقلبون عشوائيا. يريد آخرون أن يتسلقوا إلى موقع مرتفع، واستيعاب المشهد حولهم. هذه الاستعارة ليست جديدة. نصح الفيلسوف والرياضي رينيه ديكارت بطريقة مشابهة للتنقل حسب الاتجاه كأسلوب في الحياة. في كتابه مقال حول المنهج، الجزء الثالث، قواعد لتكون أكثر تصميما ولتعرف قدراتك من أجل التقدم عقلانيا في الحياة، ينصح ديكارت القارئ حول الأسلوب المستقيم الذي يجب أن يتبعه في حياته. على المسافر خلال الحياة «أن يتبع مثال المسافرين الذين عندما يضيعون وسط غابة لا يتنقلون من طرف إلى آخر، ولا يبقون في أمكنتهم، بل ينتقلون باستمرار في الاتجاه نفسه، في طريق أقرب ما يكون إلى الخط المستقيم من دون أن يغيروا اتجاههم لأسباب تافهة»(14).

بحسب ديكارت، النهاية مضمونة «لأنه بهذه الطريقة، إذا لم يصلوا إلى النهاية التي يريدونها تماما، فإنهم سيصلون في النهاية على الأقل إلى مكان أفضل من مكانهم وسط الغابة»(*).

لكن بالنسبة إلى الأشخاص التائهين على الأقل، ليست الإستراتيجية التي وصفها ديكارت هي الأكثر فاعلية.

للتصرف الموجه نحو الهدف بالنسبة إلى الناس التائهين هناك مثال مشابه آخر من استكشاف الأراضي. تشبه العديد من الإستراتيجيات المستخدمة من قبل مستكشفين لمقاطعة جديدة تصرف الأشخاص التائهين. جرب لويس وكلارك الانتقال وفق المسار في نهر المسيسيبي للتعرف على الأراضي إلى الشمال الغربي. استخدما تحسين الرؤية للحصول على ممر خلال جبال روكي، وأرسل لويس عند عودته من أوريغون مجموعات من الرجال في اتجاهات مختلفة للتعرف أكثر على الأراضي الغربية: وهذا نوع من التنقل حسب الاتجاه.

(*) ترتبط توصية ديكارت هذه، جوهريا، بنظريته عن المكان والحركة والمادة، وكما أشار إسحق نيوتن، ناقدا، في مقاله في العام 1666 حول ديكارت، إلى أن الجسم عندما يتوقف عن الحركة، من المستحيل القول يقينا من أي نقطة تحرك. فالحركة الديكارتية في المكان (الامتداد) ليست، كما يقول نيوتن، في الحقيقة حركة لأنها تفتقد عنصر السرعة والمسار المحدد ومقدار المسافة. [المحرر].

في أيامنـــا هذه يمكن لعدد من الإســـتراتيجيات أن تســـاعد الأشـــخاص التائهين. ســـأقدم اثنتين منهـــا هنا. بنيت كلتهما عـــلى فكرة وجود مهمة بحـــث وإنقاذ عن الشـــخص التائه، وأن هذا الشخص يساعد ببســـاطة في هذه العملية. عليه أن يترك ملاحظة مع صديق أو فرد من العائلة يشـــير فيها إلى الوقت المحتمل للعودة. إذا لم تصـــل الكلمة إلى الصديق في الموعد المتفـــق عليه، يجب على هذا الصديق الاتصال بالســـلطات المختصة والبدء بعملية البحث والإنقاذ. لو سافر على قدميه، فعليه أن يـــترك أثرا لحذائه على ورقـــة ألمونيوم، ويضعها في الســـيارة في بداية الطريق. يمكن لمتقفي الأثر المتدربين أن يعثروا على بصمة الحذاء ويتقفوها.

بالنسبة إليّ، أحمل عادة حقيبة فيها بكرة من شريط مسح برتقالي لامع، ومؤشرا غـــير قابل للمحو. لو بـــدا أن أفضل فرصة للخروج من المأزق هـــي في اتباع طريق معين، ســـأقوم بالســـير فيه، لكنني أتـــرك قطعا من الشريط مربوطة على مســـتوى النظر، بحيـــث تكون كل قطعة مرئية من موقع القطعـــة التي قبلها. على الشريط أســـجل الوقت والتاريخ واتجاه الحركة. لو توقفت يمكنني إشعال النار بأعواد ثقاب أو قدّاحة أحملها معي بحيث تســـاعد الباحث عنـــي في العثور على مكاني. بصورة مثالية ستكون النار في منطقة خالية فوق مكان بارز كقمة هضبة.

لو ســـار الباحث عنـــي في طريقي، فعليه فقط أن يتبع خـــط العلامات الفارقة للعثور على مكاني. هذه فعليا الطريقة ذاتها التي اســـتخدمها هانســـيل وغريتيل(*) عندمـــا نشرا قطع الخبز للعثور على طريقهما وســـط الأدغال. إنها طريقة بســـيطة نسبيا، لكنها تحتاج إلى بعض التحضير المسبق.

يحصل ســـيناريو أكثر احتمالا عندما يحمل الرحالـــة أو الجوال أو الصياد هاتفا خليويـــا. وبينـــما تكون تغطيـــة الهاتف الخليـــوي متقطعة في أماكـــن نائية، يمكن للمســـتخدم أن يصل إلى أبراج بعيدة من خلال اتصال على مســـتوى النظر إذا كان عـــلى مرتفع بارز. الحفـــاظ على طاقة البطارية مهم، بحيـــث ينبغي إغلاق الهاتف الخليوي دوما عند عدم الاســـتعمال. يجب تشغيله فقط عندما يكون الاتصال على مســـتوى خط النظر. يجب أن يجري الاتصال دوما بإرسال رسائل بدلا من المحادثة الشـــفهية التي تستهلك طاقة أكبر. على الشخص التائه أن يترك رسالة استغاثة SOS

(*) شخصيتا قصة شهيرة من الفولكلور الألماني، قام الأخوان غريم بتدوينها ونشرها في العام 1812. [المحرر].

تعطـي معلومات عن حالته، واحتياجاته الضرورية كالدواء والماء أو الثياب الدافئة. يجب أن يعطـي الاتصال أيضا تقديرا عن موقعه، وموعد الاتصال مرة أخرى. غالبا ما تستعمل السلطات المعلومات المتلقاة للعثور على مكان الإشارة المرسلة، وإرسال التعليمات عبر رسائل نصية.

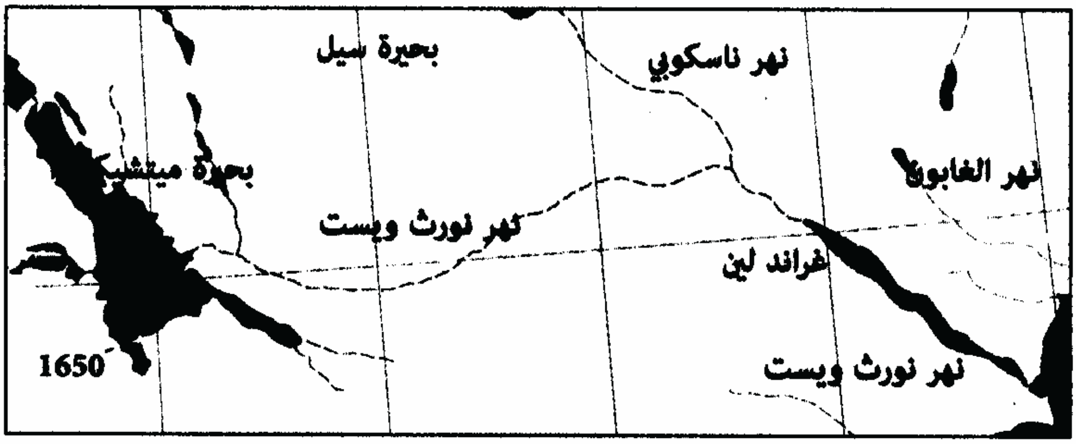
رحلة هوبارد - والاس - إيلسون الاستكشافية

قصة كلاسيكية تمزج عناصر من الاستكشاف مع تصرفات الأشخاص التائهين مع إنكار الذات هي: رحلة هوبارد - والاس - إيلسـون سـيئة السـمعة إلى أماكن غير مخططـة في لابـرادور في العام 1903. قام هؤلاء المستكشـفون الثلاثة بالعديد من أشكال التصرف التي وصفها هيل للأشخاص التائهين.

في العام 1903 أبحر ليونيداس هوبارد وديلون والاس وجورج إيلسون في زورق مـن مركز شركة هدسـون بي (Hudson's Bay) في لابـرادور مصممين على العثور على بحيرة ميتشـيكاموا. في ذلك الوقت كانت التقارير الوحيدة المكتوبة عن بحيرة ميتشيكاموا لموظف في شركة هدسون بي اسمه جون ماكلين ومن الجيولوجي الكندي أ. ب. لاو. اجتاز لاو قطاعات واسعة من مقاطعة كويبك ولابرادور في مهمات لرسم الخرائط لهيئة المسـح الجيولوجي الكندي، ووثق اكتشافاته في تقرير مفصل[15]. في إحدى الخرائط المرافقة لتقرير لاو كان هناك رسم لبحيرة دعيت «غراند ليك»، ونهر دعي نورث ويست شكلا طريقا غير مستكشف إلى ميتشيكاموا (الشكل 15). كتب لاو أن النهر نورث ويسـت يجري من بحيرة ميتشيكاموا إلى بحيرة غراند ليك، لكن لم يكـن هناك شيء يملأ الفراغ على الخارطة عدا بعض الخطوط المنقطة. في تقريره تابع لاو ليصف صيد الوعول السنوي لهنود المونتانيز المحليين من ميتشيكاموا خلال شهر سبتمبر.

كانت المعلومات الجغرافية عن لابرادور في ذلك الوقت شحيحة، لكن الفراغات في الخارطـة ملئت سريعا. كان هذا في حقبة الرئيـس تيد روزفلت ورحلة بيري إلى القطب الشـمالي عندما شـكلت بعض أكـثر المناطق غير المستكشـفة على الأرض مواضيع لمقالات حول رحلات المغامرة. أمل هوبارد في تحقيق سـمعة طيبة بالقيام بهـذه الرحلة إلى ميتشـيكاموا عبر نهر النورث ويسـت، ثم متابعـة صيد الوعول

السنوي. خطط أن ينشر مقالا يصف مغامراته في مجلة دعيت «آوتنغ». أقنع المحرر أن يعطيه، مقدما، مبلغا محترما من المال لتغطية نفقات الرحلة إلى لابرادور وتجهيزها.



الشكل (15): جزء من خارطة لاو الأصلية يركز على منطقة الغراند ليك وطريق نهر نورث ويست إلى بحيرة ميتشيكاموا. تظهر البحيرات والأنهار غير المستكشفة لكن الموصوفة للاو بخطوط منقطة.

جنّد هوبارد صديقا له ديلون والاس ليشاركه في رحلته. وبينما كان في رحلة تخييم في نوفمبر من العام 1901 قدم هوبارد خطاب تجنيده «فكر في ذلك يا والاس. أرض شاسعة مجهولة قريبة من الوطن، برية وبدائية اليوم كما كانت دوما! أريد أن أراها. أريد أن أصل إلى بلد بري حقا، وأحصل على بعض من خبرة الأشخاص الأوائل الذين استكشفوا هذا البلد الذي نحن فيه، وفتحوه»[16]. وافق والاس على مرافقته. استأجر هوبارد جورج أليسون أيضا، وهو رجل نصف أبيض ونصف هندي من منطقة هدسون بي مرشدا له. استخدم لاو مرشدين محليين، لكن أليسون لم يذهب إلى لابرادور من قبل. جلبوا المؤن لكنهم خططوا أن يعيشوا من الأرض بشكل رئيس عن طريق صيد الطرائد والتقاط السمك. في كتابه «إغراء براري اللابرادور»، كتب والاس مذكرة عن خبراته خلال هذه الرحلة.

غادر هوبارد ووالاس وإيلسون مركز شركة هدسون بي قرب مدخل بحيرة غراند ليك في 15 يوليو 1903، والذي كان وقتا متأخرا في الفصل لمثل هذه الرحلة الطموحة. ومع تجديفهم إلى الجهة الغربية من غراند ليك كانت مهمتهم الأولى العثور على نهر نورث وست. تظهر خارطة حالية دقيقة في الشكل (16) الطرف

الغــربي لبحيرة غراند ليك. اليوم فإن النهر الذي يجــري إلى طرف بحيرة غراند ليك والذي دعاه لاو نورث ويســت يدعى ناســكاوبي. هناك عدد من الأنهار والجداول التي تدخل الطرف الغربي من الغراند ليك لكن رسم لاو أظهر نهرا واحدا منها فقط: النورث ويســت. تشــمل التدفقات الأخرى أنهارا دُعيت بيفر وسوزان، وهذا الأخير يمكن وصفه بشكل أدق على أنه جدول كبير.



الشــكل (16): الطرف الغربي لبحيرة غراند ليك كما يمثل على خارطة دقيقة. سار هوبارد مخطئا في نهر سوزان بدلا من السير في نهر ناسكوبي (نهر نورث ويست للاو) كما خطط مسبقا.

كان هوبــارد قلقا مســبقا بســبب بدايتــه المتأخرة، ولم يشــأ إضاعــة الوقت باستكشــاف الطرف الغربي من البحيرة. أخطأ المدخل تماما إلى نهر النورث ويست، الذي يدخل خليجا في الطرف الشمالي الغربي من البحيرة. بدلا من ذلك اتجه مباشرة إلى الطرف البعيد من البحيرة. ومن هناك بدأ بدخول نهر سوزان.

وصف نهر aنورث ويســت في الســابق بأنه عريض، لكن نهر سوزان كان ضحلا وضيقا واستدعى الكثير من جر القارب وحمله على الظهر وتغيير السرعة إلى الخلف والأمــام. كانت هــذه حالة نموذجية لعملية: «لي الخارطــة»، لم يتطابق وصف نهر النورث ويست مع ما رأوه من نهر سوزان، مع ذلك ظلوا يجهدون في الإبحار عكس التيــار. من حين إلى آخر كانوا يرون حريقــا قديما، ما دعم اعتقادهم بأنهم يتبعون أثر الهنود القديم إلى ميتشــيكاموا. يمكن تشــبيه الرحلة أعلى نهر سوزان بالانتقال وفق إستراتيجية الطريق التي وصفها هيل.

أصبح نهر ســوزان أضيق فأضيــق، وفي النهاية تلاشى. كان على المجموعة إيجاد طريق للأمام، ولجأوا إلى تطوير إستراتيجية الرؤية للعثور على طريقهم. ترك هوبار وإيلســون المخيم وتسلقا إلى أعلى التلال المحيطة للكشف عن طريق للتقدم. حتى مع ســنوات عديدة من الخبرة في براري هدســون بي، لم يكن إيلســون محصنا ضد الضيــاع. ومع هبوط الظلام عاد إيلســون بحالة مضطربــة أفصحت عن إصابته بما يطلق عليه صدمة الغابات. لاحظ والاس ذلك، وقص ما يلي في ذكرياته عن الرحلة:

> كان هنــاك شيء في نغمة صوته أثارت فضــولي، بدا فجأة وكأنه حصل عــلى ولع غير معتاد بمجتمعي. «ما الأمر يا جورج؟»، ســألته، «لقد ضعت تقريبا»، أجاب «تعال وسأخبرك»[17].

أثار هذا دهشــة والاس، لأنه رأى إيلســون يشق طريقه عبر أميال من الغابات التي لا ملامح لها. سأل: ما الذي حدث. «لقد درت إلى الخلف فقط» أجاب إيلسون، «لم تكــن لــدي آلة نكش، ولم يكن لدي مســدس، أو صنارة ســمك، أو أي وســيلة للحصول على الدودة، ولم تكن لدي بوصلة، وكنت خائفا».

أراد والاس أن يعلم ما الذي ســيفعله إيلســون لو لم يجــد طريق النجاة. فكر إيلســون دقيقة ثم أجاب: «أذهب إلى أعلى هضبة بحيث أســتطيع الرؤية»، أجاب بعبوس «ثم أصنع أكبر دخان يمكنني صنعه في الأعلى، ثم أنتظر أن تقوموا باكتشافي» اســتخدمت هذه الطريقة مرات عدة من قبل أناس تائهين لمساعدة فرق التفتيش في العثور عليهم.

في المســاء نفســه الذي عاد فيه إيلســون على أعقابه، لم يعد هوبارد نفسه إلى المخيم. ســبب هذا رعبا أكبر لإيلســون وولاس وأوضح مشكلة العثور على نقطة في سطح ثنائي الأبعاد:

> قال جورج: «سيقضي هوبارد ليلة قاسية هنا في الغابة».
> «نعم»، أجبتــه. «لا أفترض أن نتوقع عودته قبــل الصباح، وعندما يضيع الشخص في هذه الرقعة الموحشة فمن الصعب العثور على خيمة صغيرة منفردة»[18].

عــثر هوبارد على طريــق العودة إلى المخيم في اليوم التــالي. تنقلت المجموعة فوق بحيرتين، ثم اتصلا بنهر بيفر، الذي كان موازيا تقريبا لنهر ســوزان. لم يكونوا

يعلمـون أنهم في نهـر بيفر لكنهم عثروا عـلى بقايا خيم هنديـة بأعمدة وعظام وعول. مما جعلهم يعتقدون أنهم على الطريق إلى ميتشـيكاموا. بأخذ التيار أعلى نهر بيفر، وصلوا إلى بعض البحيرات التي شكلت مصدرا له، مع سلسلة من الجبال فقط خلفه. كانت مؤونتهم تتناقص. وكانوا يفقدون وزنهم بمعدل مخيف. وكانت معداتهم تتدهور. كان الوقت أواخر شـهر أغسطس، وكان صيف لابرادور القصير عـلى وشـك الانتهاء. لم يكـن هناك طريق للأمـام في الماء، ربما يعتقـد المرء أنهم سيعودون عند هذه المرحلة.

ماذا قرر هوبارد؟ شـعر بأن الله سـيمده بالعون، وتابع لمسافة أربعين ميلا عبر الجبال في الاتجاه العام لبحيرة ميتشيكاموا، باتجاه الشمال الغربي. كاستراتيجية عامة، كان هذا سيرا كلاسيكيا بحسب الاتجاه: كانوا يعلمون أنهم يتحركون في اتجاه البحيرة الكبيرة، ولو أنهم حافظوا على اتجاه ثابت تقريبا فإنهم سيصلون إلى شواطئها.

بعد أربعـين ميلا من جر الزورق وما بقي من المعدات صادفوا بحيرة واسـعة كانت في الواقع متصلة ببحيرة ميتشـيكاموا، عـلى الرغم من أنهم لم يعرفوا هذا في ذلك الوقت. خاضوا إلى الشـاطئ البعيد. لجأوا مرة أخرى إلى تحسين الرؤية، صعد هوبارد وإيلسون إلى أعلى هضبة، وعلى البعد استطاعا رؤية بحيرة ميتشيكاموا تمتد على الأفق. وقبل أن يستكشفوا المنطقة أكثر، ضربتهم ريح عاصفة أبقتهم لأسبوعين. نقصت مؤونتهم إلى 18 رطلا من الفاصولياء، ولم تكن هناك طرائد أو أسماك يمكن اصطيادها. أخيرا استسلم هوبارد، وقرروا العودة بسرعة إلى مركز شركة هدسون بي مقتفين آثارهم ما أمكنهم ذلك.

اسـتمرت حالتهـم البدنية بالتدهور، وعانـوا نوبات الجوع الحـادة، مع تغير الطقـس إلى مزيج من المطـر والثلج، وهبـوط درجة الحـرارة إلى أدنى من درجة التجمد. اسـتطاعوا أخيرا العودة إلى نهر بيفر حيث كان الانتقال فيه أسـهل نسبيا بالتجديف مع التيار. كانت حالة هوبارد الفيزيائية مخيفة، ولم يعد يستطيع توجيه القارب. وعندما وصلوا إلى النقطة التي يدخلون فيها إلى نهر البيفر حاول إيلسـون ووالاس كلاهما إقناع هوبارد أن يبقوا مع التيار في نهر البيفر، والذي سيكون أسهل كثيرا من الجهد الذي خبروه على نهر سوزان. لكن هوبارد رفض ذلك بإصرار، وأصر على العودة في طريقهم القديم، على الرغم من حالته الضعيفة المخيفة.

تخلوا عن قاربهم، وحاولوا الوصول إلى مدخل نهر سوزان على الأقدام، متسابقين مع الزمن وعناصر البيئة. وقبل وقت طويل لم يعد هوبارد قادرا على السير. تركه إيلسون ووالاس في خيمة مع مؤونة من الحطب. عثر والاس على كيس قديم من الطحين المتعفن رموه على الطريق، ثم حاول العودة إلى هوبارد بينما استمر إيلسون في طريقه إلى غراندليك للحصول على المساعدة.

لم يستطع والاس العثور على خيمة هوبارد مع تراكم الثلوج، وإزالة العلامات على الأرض. عاد إلى مسار نهر سوزان، آملا العثور على منقذين، سامعا صوت زوجته المتوفاة وهي تشجعه على المضي قدما، أخيرا عثر إيلسون على المساعدة، وأنقذ والاس، لكنهم عثروا على هوبارد ميتا في خيمته. كانت كلماته الأخيرة التي كتبها في مفكرته «أعتقد أن الشباب سيستطيعون بمعونة الله أن ينقذوني»[19].

يمكن لعادات الملاحة أن تحفظنا من الضياع، حتى في الظروف الصعبة. تشمل هذه العادات إحساسا قويا بالاتجاه وبالمسافة المقطوعة في مرحلة ما من الرحلة. بالطبع يجب رفد هذه العادات بالحكم السليم والذي لم يساعد هوبارد. الخطأ الملاحي الأكبر الذي اعترف به والاس في كتابه «إغراء لابرادور البرية» كان فشلهم في استكشاف الجهة الشمالية الغربية من غراندليك. حصل هذا لاعتقادهم أن نهر سوزان الضحل والضيق هو نهر ناسكوبي على الرغم من الوصف المختلف الذي حصلوا عليه سابقا.

في عملية البحث عن بحيرة ميتشيكاموا انخرط هوبارد وولاس وإيلسون بكثير من تصرفات «الإنسان التائه» الكلاسيكية التي صنفها هيل: تحسين الرؤية والتنقل على المسار والتنقل على اتجاه، كل ذلك بينما كانوا يسيرون على طريق اعتقدوا خطأ أنه الطريق الموصوف في خارطة لاو. لو لم يستمروا في خطئهم لفترة طويلة، ولو عادوا أدراجهم وهم يحتفظون بمؤونة كافية، فلربما بقي هوبارد على قيد الحياة. أما ما حدث فقد نال هوبارد الشهرة بسببه، لكن ليس بالطريقة التي تمناها.

4

التخمين الصائب

في الفصل الثـاني وصفت كيف نعثر على المواقـع في خارطة عقلية باسـتخدام رحلات سـابقة. ربما كانت هذه العملية التي تدعى التخمين الصائب أكثر أشـكال الملاحة شيوعا، ويمكن تطويرها إلى إجراء دقيق. تمتلك لغات العالم كلهـا كلمات وعبـارات تصف التوجه المكاني، وتوصيل المعلومات أثناء الرحلات.

لـو كنت عـلى جزيرة صحراويـة، كيف يمكنك قيـاس المسـافات وتبليغها للآخرين؟ القياسـات المتوافـرة موجودة في أجسـامنا وبيئتنا. في مصر القديمة أسسـت القياسـات الصغيرة عـلى مقاس الإصبع واليـد والذراع. مقيـاس الطول لدى المصريـين القدماء وهو الـ cubit عبارة عـن طول السـاعد. بنيت المسـافات الأطول على السفر. تأتي كلمة ميل من العبارة اللاتينية «mille pacem» والتي تعني «ألـف خطوة». حافظ الجنود الرومان عـلى المسـافة المقطوعـة بعـد خطواتهم. فالخطوة هي المسـافة التـي تقطعها عندما

«تعتمـد دقـة التخمـين الصائب على الخبرة والقدرة على الملاحظة الدقيقة»

تدعس بالقدم نفسها (اليمنى أو اليسرى) على الأرض. خطوتان - يسرى ثم يمنى - تعادلان مقاس خطوة واحدة (one pace).

لا يقتصر إجراء عد الخطوات على البشر فقط. ينتقل صنف واحد من النمل على الأقل بعد الخطوات. درس هيرالد ولف عادات النمل بلصق لصاقات صغيرة على أقدامها، أو بقطع أجزاء من أقدامها لتغيير طول خطواتها. في دراسة ولف، تعلقت المسافة التي قطعها نمل الصحراء مباشرة بعدد الخطوات التي مشاها[1]. فالنمل الذي حمل إشارات على أقدامه تجاوز الهدف، بينما النمل بأقدام أقصر وصل إلى ما قبل الهدف بطريقة تتناسب مع عدد الخطوات التي مشاها.

يبنى مقياس طبيعي آخر على زمن الانتقال. لو كنت تعطي الاتجاه لصديق يقود سيارة، ربما تقول له شيئا من قبيل «ابق على الطريق الدولي لساعتين، ثم خذ المخرج 27». يفترض هذا أن كل شخص يقود سيارته بالسرعة نفسها، لكن يتضح من السياق مدى سرعة صديقك. فالمسافة المقطوعة (ميل) هي السرعة (ميل/ ساعة) مضروبة في الزمن (ساعة).

كانت الساعة ولاتزال أكثر وحدات قياس الزمن شيوعا. يعود أصلها إلى استعمال المصريين القدامى بزوغ النجوم في معرفة زمن الليل. استخدموا ما مجموعه ستة وثلاثون نجما لامعا، تبزغ بالتسلسل قبل شروق الشمس تماما في أوقات مختلفة من العام. ربط مرور ليلة واحدة بمرور اثني عشر نجما من هذه النجوم اللامعة، مما يعني أن الليلة قسمت إلى اثنتي عشرة ساعة. قسم النهار بالمثل إلى اثنتي عشرة ساعة. جرى تبني هذا النظام الذي يعود إلى القرن الخامس قبل الميلاد على نطاق واسع، لكنه لم يكن عالميا تماما. خمن سكسونيو القرون الوسطى طول اليوم بعدد مرات الجزر والمد، حيث كانت هناك ثمانية منها في اليوم.

كانت ثلاثة أميال في الساعة ولاتزال، مقياسا جيدا للسفر بواسطة البشر. هذه هي المسافة التي يقطعها معظم الناس سيرا على أرض منبسطة، وهي المسافة التي يمكن فيها لشخص أن يجدف زورقا، والمسافة التي يبحر فيها زورق شراعي قديم في الماء. إنها ليست عالمية تماما. يمكن أن تركض أو أن تعرج ، لكنها مقياس موثوق يشترك فيه المسافرون، وهو مفهوم على نطاق واسع. لو حوّلت

هذه السرعة في الســاعة إلى مســافة فإنها عبارة عن ثلاثة أميال. كان الباراسانغ (parasang) في الثقافــة الفارســية القديمة، أو الفرســخ (farsakh) في الثقافة العربيــة واحدة مبنية على التركيب ذاته من السرعة والزمن. العصبة (league) قريبة من الفرسـخ، وهي أيضا مبنية على المســافة التي يقطعها الشخص خلال ساعة. يمكن تقدير مسافات أطول بعدد الأيام أو الأشهر القمرية التي تمر خلال رحلة ما. استخدم الأمريكيون المحليون أطوال الزمن كمقاييس للمسافة. المرحلة (marhalah) هي رحلة يوم واحد في التقدير العربي في القرون الوســطى، وهي تعادل ثمانية فراسخ تقريبا (أربعة وعشرين ميلا) أو ثماني ساعات من السفر.

مازالــت هذه المقاييس قابلة للحياة. لو اختفى الـ GPS وعداد المســافات فجــأة، يمكننا العــودة إلى المقاييس البشريــة فورا. عندمــا امتحنت مجموعة مــن ثلاثــين طالبا، قطعوا 980 خطوة في الميل، وهــذا قريب جدا من الـ 1000 خطــوة التي أتت من الجنود في روما القديمــة. وأيضا فقد كان معدل سرعتهم ثلاثة أميال في الســاعة، لذا فمبادئ الميل والفرســخ والمرحلة لاتزال تنطبق على مصادرها الأصلية.

أتت وحدات قياس مسافات أخرى من الزراعة. فالفورلنغ (furlong) يعتبر حاليــا بطول 220 يــاردة. كان مصدره عمليات فلاحــة الأرض. يمكن للثور أن يفلــح فــترة ما قبل أن يتعب. مــن جهة أخرى، فإن تبديــل المحراث والفريق عملية تســتهلك الوقت، لذا هناك فــترة عظمى للفلاحة تأخذ هذه الاعتبارات في الحســبان. اشــتق المصطلــح فورلنغ مــن الكلمتين الإنجليزيتــين القديمتين «furrow» و«long». مقيــاس مســافة قريب منه يؤخــذ في الأغلب على أنه مماثــل للفورلنغ هو الســتاديا (stadia) القديمة، والذي يعد أحيانا مســاويا لـــ 125 خطوة، أو بطــول 8/1 من الميل. غالبا ما قــاس اليونانيون والمصريون القدماء المسافات بالستاديا.

عمليــا من المهم معرفة سرعة انتقالك تحت ظروف مختلفة، وعدم المبالغة بتقديرها. يمكن لشخص صحيح الجسم أن يمشي بسرعة أربعة أميال في الساعة على أرض ناعمة منبســطة على مستوى سطح البحر. تختلف سرعة المشي وفق عــدة عوامل: الطقــس والحمل ورفاق الرحلة والارتفاع عن ســطح البحر. على

أرض وعرة وصعودا يمكنك أن تسير بمعدل ميلين في الساعة تقريبا. على منحدر شديد على ارتفاع عال ربما تتباطأ إلى ميل واحد في الساعة. متسلقو الجبال على قمم مرتفعة، حيث يتناقص تركيز الأكسجين إلى ثلث تركيزه عند سطح البحر، تنخفض سرعتهم كثيرا.

يمكن أن يكون هناك مجال واسع لسرعات السير وطول الخطوات بين الأشخاص. لو شاهدت المارة على رصيف مزدحم، يمكنك أن ترى فورا الفوارق بينهم. يجعل هذا مسألة تقييس أطوال الخطوة أمرا صعبا. لمعالجة هذا، استخدم الحكام والموظفون غالبا مشاة محترفين لقياس المسافات بين المدن والبلدات.

حتى بالنسبة إلى المشاة المحترفين اختلفت الوحدات من مملكة إلى أخرى مما سبب الاضطراب. اختلفت ستاديا اليونان عن ستاديا المصريين. بالمثل اختلفت تعريفات الميل والعصبة. صعب على الملاحين تفسير المعلومات من مصادر مختلفة. كولومبوس على وجه الخصوص كانت لديه مقاييس مختلطة عربية وإيطالية للأميال في اقتراحه للإبحار غربا إلى الهند. مع ذلك بدأ بعض التقييس يظهر مع نهاية القرن السادس عشر عندما عرّف البرلمان الإنجليزي الميل القانوني على أنه يعادل ثمانية فورلنغ.

بينما بني عدد من المقاييس على سرعة المشي وطول الخطوة، لم تكن هناك معايير واضحة للمسافات التي تقطعها السفن في البحر. يمكن لسرعة القوارب الشراعية أن تعتمد على عدد من العوامل: طولها وعرضها وحمولتها وشكل هيكلها. إحدى التقنيات الشائعة لتقدير سرعة سفينة هو سجل الحبل (log line)، وهو حبل موصول بقطعة من الخشب. ترمى قطعة الخشب المتصلة بحبل طويل في الماء، وتترك لتجر في الماء خلف السفينة. تقلب كأس من الرمل في اللحظة التي يلقى فيها الحبل في الماء، ويدع البحار الحبل يسير طالما بقي الرمل ينسكب من الكأس. عندما يتوقف الرمل ينتشل البحار الحبل من الماء، ويقيس طوله، وبمعرفة الزمن من كأس الرمل يمكنه تقدير السرعة.

حيلة أخرى استخدمها البحارة هي تحديد زمن قطعة من حطام تجتازها السفينة على سطح الماء. تبدأ بالعد عندما تتجاوز مقدمة السفينة الحطام، وتتوقف عندما تقطع مؤخرتها. لو كان البحار يعرف طول سفينته والزمن الذي استغرقته

لتجاوز الحطام، يمكنه أن يقدر سرعته. في طريقة أخرى مشـابهة تدعى عد الخطى يلقي البحار بقطعة من الأقذار عند مقدمة السفينة، ثم يمشي نحو المؤخرة أو دفة القيادة بالسرعة نفسـها التي تتحرك بها الأقذار ويسـتخدم سرعة سيره على أساس أنها سرعة السـفينة. لا يأخذ هذا بعين الاعتبار التيار الذي يمكنه تحريك السـفينة والحطام معا في الماء، لكنه يحسب سرعة السفينة بالنسبة إلى الماء.

صمـم البحـارة، وعلى الأخص بحارة الأسـطول الملكي البريطاني معيارا لسـجل الحبل. كان لديهم حبل طويل بعقد على مسافات متساوية مع كأس رملية معيارية يمكنه حساب فترة 30 ثانية. يرمى الحبل في الماء في اللحظة التي تقلب فيها الكأس الرملية. ينفلت الحبل، ويعد البحار عدد العقد التي مرت. صممت البحرية الملكية البريطانية المسـافات بين العقد بحيث يمثل عدد العقد التي تمر خلال الفترة سرعة السفينة بالأميال البحرية في الساعة، والتي تدعى بشكل مناسب عقد (knots).

حدث انفصال رئيس عن المقاييس البشرية عند اختراع الميل البحري (nautical mile)، والـذي دمج المسـافات الفيزيائيـة بالتغيرات في خطـوط الطول والعرض. تحصل المواقع على الأرض على زوج وحيد لزاويتين، مبنيتين على المسافة الزاوية من خط الاستواء (خط العرض)، والمسافة الزاوية من خط طول أولي متفق عليه يدعى خط الزوال الرئيس (prime meridian). تقسـم الزوايا عادة إلى درجات. وتقسم كل درجة إلى 60 دقيقة قوسـية (يشـار إليها برمز عبارة عن فاصلة تتبع الرقم مثل ‘15)، وتقسم كل دقيقة قوسية إلى 60 ثانية قوسية (يشار إليها برمز هو عبارة عن فاصلة مزدوجة تتبعها مثل " 15).

مع تبني البحارة في أوروبا الغربية نظام خطوط الطول والعرض بدأ اسـتخدام نظام مسـافات يعتمد على دقيقة قوسية واحدة من خطوط العرض بالظهور. ومع نهاية القرن السـابع عشر، ترسخ هذا النظام. تعادل دقيقة قوسية واحدة من خط العرض 1.15 ميل أسـاسي وهو الطول الذي دعي بالميل البحري. هذا نظام طبيعي لقياس المسافة بالنسبة إلى البحارة لأنه قريب من الميل القانوني، ويجعل من السهل تحويل زوايا خط العرض وخط الطول إلى أميال بحرية.

طـور مقياس رئيس ثان للمسـافة منفصل عن المقاييـس البشرية من قبل أكاديميـة العلـوم الفرنسـية العام 1793، عندمـا اقترح تعريـف المتر meter

كمقياس يعادل واحدا على عشرة ملايين المسافة من خط الاستواء إلى القطب الشمالي. شكّل هذا بداية النظام المتري الذي يبني المقاييس على قياسات متفق عليها عالميا.

التقدير البصري للمدى

تعتبر القدرة على تقدير المسافات إلى أجسام مرئية مهارة مهمة في الملاحة. يدعى التوجه نحو جسم الوجهة (bearing)، وتدعى المسافة المدى (range). يمكن أن تعطيك الرؤية المتعددة لعلامات فارقة موقعك. نستخدم بشكل غريزي الدلائل البصرية طوال الوقت ونحن نتجول في غرفة ما، أو نسير في بيئة مألوفة لنا في الخارج، لكن من الممكن شحذ هذه الغريزة. يبنى إدراكنا للمسافة إلى جسم ما جزئيا على تذكرنا لحجمه، ولحجمه النسبي ضمن مجال رؤيتنا.

يظهر الشكل (17) طريقة أكثر نظامية في تقدير المدى. ينظر المراقب إلى خط أعمدة الهاتف على طول طريق يختفي مع المسافة. بمد إصبع على ذراع ممدودة، يمكن للمراقب أن يقارن بين الحجم المرئي لعمود الهاتف وخيال الإصبع. كلما كان عمود الهاتف أبعد، بدا أصغر مقارنة بالإصبع.

يمكنك تقدير المسافة إلى جسم ما إذا كنت تعلم حجمه الفيزيائي، وأمكنك تقدير حجمه الزاوي. هذا علم مثلثات (حذفت الخطوات) والذي يعطي تحويلا تقريبيا يمكن استخدامه لربط الحجم الزاوي لجسم ما ببعده أو مداه. عند مسافة ميل واحد، فإن جسما بارتفاع 100 قدم يغطي زاوية بمقدار 1 درجة. وهذا يعطي علاقة تحويل:

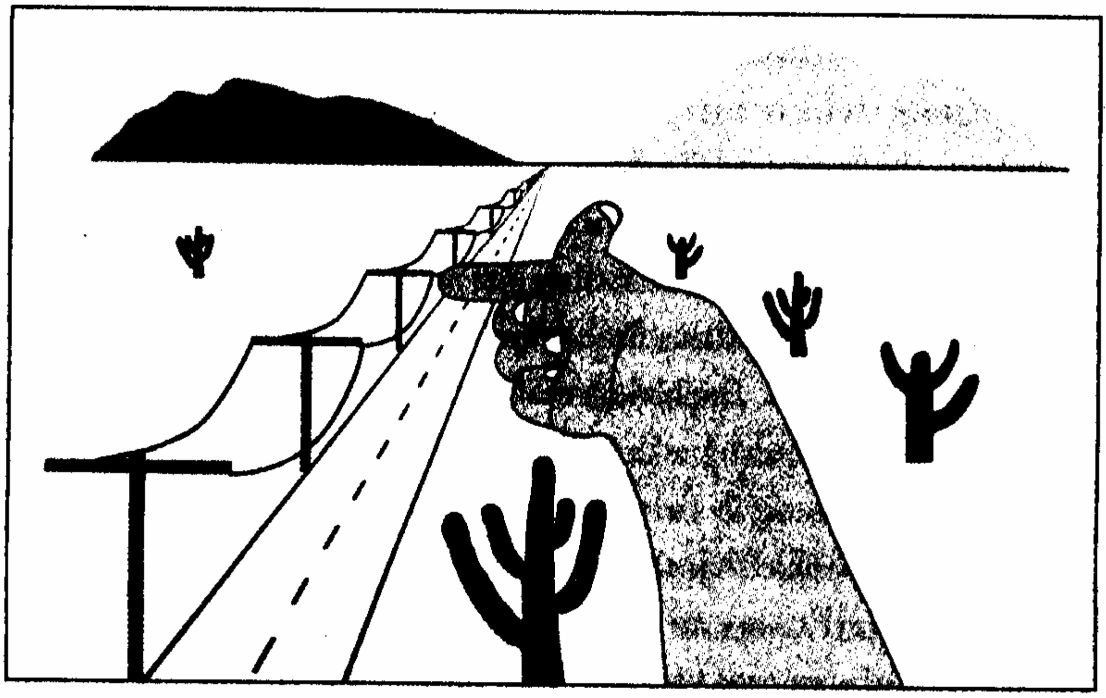
المدى (ميل) = الحجم (قدم) / 100 (قدم) * الحجم الزاوي (درجة)

مثال على استخدام هذه العلاقة، لو علمت أن ارتفاع منارة مائتا قدم، وتظهر على ارتفاع زاوية قدرها نصف درجة يمكن حساب مداها (أو بعدها عنك) بهذه الطريقة:

4 (أميال) = 200 (قدم) / (100 (قدم) * 0.5 (درجة)

أي أنها على بعد 4 أميال. كلما كان الجسم أبعد، صغرت الزاوية. وكلما ارتفع الجسم كانت الزاوية التي يغطيها أكبر. هذه القاعدة التجريبية صحيحة بخطأ

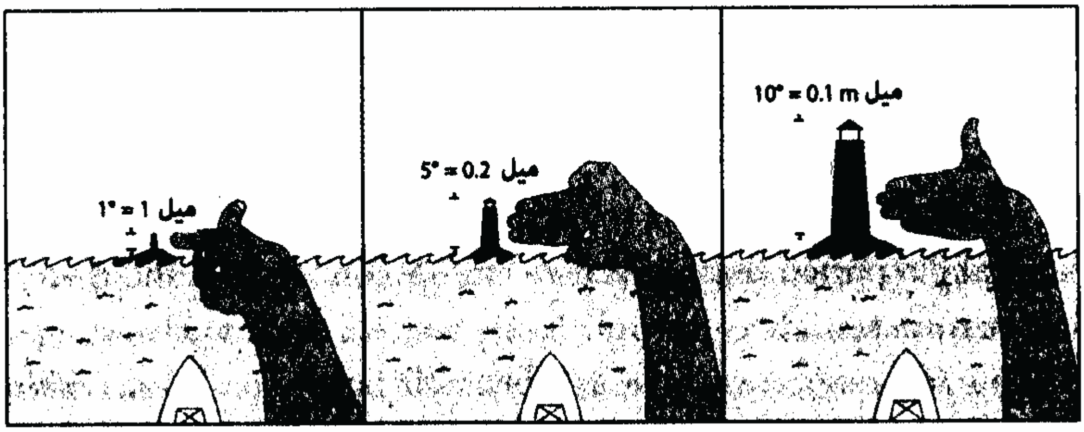
10% ومن السـهل تطبيقها. يعمل هذا التقريب بشـكل جيد نسـبيا، وهو مفيد خاصة إذا كنت تتحرك، ولا تود التوقف لاستخدام الأجهزة، وإجراء الحسابات.



الشـكل (17): يعتمـد الحجم الزاوي لجسـم مـا في مجال رؤيتنا على المسـافة. باسـتخدام مرجع أمامي بحجم معروف (كالإصبع مثلا) يمكننا تقدير المسـافة إلى بنية ما بحجم معروف.

من أجل الاسـتفادة من هذه العلاقة، تحتاج إلى طريقة لقياس الزاوية. وكما بالنسبة إلى المقاييس البشرية يمكن قياس الزاوية بالطريقة البشرية نفسها. تخلق تشكيلات مختلفة لليد والأصابع في نهاية ذراع ممدودة أبعادا زاوية مختلفة.

يظهـر الشـكل (18) ثلاثة تشـكيلات محتملة ليد في نهايـة ذراع ممدودة. في هذه التشـكيلة فـإن عرض الإصبع يغطي 1.5 درجـة. وتغطي ثلاث أصابع 5 درجـات. أمـا الكف مع الإبهام الممـدود فتغطيان 10 درجـات. تغطي اليد مع الخنصر والإبهام الممدود تماما (غير موضح هنا) نحو 20 درجة. في المثال السـابق فإن المنارة بارتفاع 200 قدم هي على بعد 4 أميال لأنها تغطي بصريا ثلث عرض إصبع في نهاية ذراع ممدودة.



الشكل (18: «أ» و«ب» و«ج»): استخدام الأصابع وقاعدة (الدرجة الواحدة تعادل 100 قدم على بعد ميل واحد) لتقدير المسافة إلى منارة (طول هذه المنارة 100 قدم من أجل التوضيح)

يتطلب تقدير طول جسـم ما على مسـافة بعض المعرفة المسـبقة، لكن يمكن للمـرء أن يخمن جيدا لأجسـام معروفة. هذه الأجسـام سـهلة في بعض الأحيان: الأشـخاص هم بطول يتراوح بين 5 و 6 أقدام، والأبنية هي تقريبا بارتفاع 10 أقدام لـكل طابق، والمنارات البحريـة تكون بارتفاع يتراوح بـين 50 و 250 قدما. ويمكن لأبـراج الكنائس أن تكون بارتفاع 100 إلى 200 قدم. أما ارتفاعات الهياكل المرتفعة أو الجبال فتعطى عادة على الخرائط، أو أنها تكون معروفة مسبقا.

هذه التقنية لتقدير الزوايا بواسطة الأيدي ليست جديدة. بالطريقة ذاتها التي سـميت فيها مقاييس المسافة وفق الخصائص البشرية، أعطيت أبعاد الزوايا أسماء ارتبطت بأجزاء اليد في نهاية ذراع ممدودة.

آي آس (Ey - ass) مصطلح جزيرة كارولاين لعرض يد - 15 درجة[2].

إصبع (issabah) المصطلح العربي لعرض الإصبع - 1.5 درجة[3].

تشيه (chih) المصطلح الصيني لعرض الإصبع - 1.5 درجة[4].

وُظّـف اسـتخدام الأصابع كنظام لقياس الزوايا من قبـل البحارة لقياس ارتفاع النجوم في رحلة بحرية. استمر هذا الإجراء متبعا حتى القرن التاسع عشر. وكما دوّن عـالم إنجليزي - هندي يدعى جيمس بينسـيب في مقابلة لـه مع بحار عربي العام 1836: «مدّ ذراعيه، عندما اسـتفهمت منه عن وحـدات الإصبع. ثم وضع أصابعه

أفقيا، وحسب بواسطتها ارتفاع نجم القطب، كما خمنت أنها الطريقة البدائية القديمة التي استخدمها البحارة العرب»[5].

سجّل بينسيب أن الإصبع تعادل °36 °1 (درجة وست وثلاثين دقيقة قوسية)

تعمل هذه الطريقة بشكل جيد حتى عرض يد واحدة، لكن بالنسبة إلى زوايا أكبر من ذلك بكثير فإنها تفشل.

تعتمد قدرتنا على تمييز خصائص بصرية للأجسام على المسافة منها أيضا. تصبح الخصائص أكثر غموضا مع امتداد المسافة. نشعر غريزيا بالعلاقة بين دقة الرؤية والمسافة، لكن يمكن بعناية أكبر تحسين قدراتنا الغريزية. هنا في الأسفل قائمة بدلائل بصرية للمسافات قدمها المؤلف هارولد غاتي الذي ألف عدة أطروحات حول الملاحة[6]:

- 50 ياردة – يمكن تمييز الفم والعينين.
- 100 ياردة – تبدو العينان مثل نقطتين.
- 200 ياردة – يمكن تمييز تفاصيل الثياب.
- 300 ياردة - يمكن رؤية الأوجه.
- 500 ياردة – يمكن تمييز الأرجل والأذرع.
- ½ ميل – يبدو الشخص مثل عارضة.
- ميل واحد – يمكن رؤية جذوع الأشجار الضخمة.
- ميلان اثنان – يمكن تمييز المداخن والنوافذ.
- 5 أميال – يمكن تمييز البنى الكبيرة.
- 10 أميال – يمكن تمييز البنى الشاهقة (أبراج المياه وأبراج الكنائس).

وفق خبرتي فإن قائمة غاتي متفائلة جدا، ويجب اختزال تقديراته للمسافات بنحو الثلث حتى في ظروف الرؤية الجيدة. يمكن للإحساس بالمسافات أن يتغير كثيرا وفق الإنارة. يمكن تمييز التفاصيل على أجسام منارة جيدا بسهولة، بينما يصعب ذلك بالنسبة إلى أجسام منارة من الخلف. ومع هبوط مستويات الإنارة عند مغيب الشمس تصبح التفاصيل غامضة بشكل سريع.

يتأثر إدراكنا البصري للمسافات بقوة بالحقل البصري بكامله. يمكن أن يؤدي هذا إلى مشاكل في ظروف غير عادية. ويمكن أن تكون الجليديات، وأكوام الثلوج

عــلى الجبال وفي المناطق القطبية - حيث الدلائل البصرية قليلة عدا الجليد والثلج والصخور - صعبة بشكل خاص. سجّل متسلقو الجبال ومستكشفو المناطق القطبية صعوبات في تقدير المسافات، حيث شاع كلا التقديرين الموجب والسالب. في الفترة بين العامين 1819 و1820 قاد وليام إدوارد بيري رحلة استكشافية للعثور على الممر الشمالي الغربي.

تجمدت ســفينته وسط حزمة من الجليد في الشــتاء، ولاحظ التشوه في إدراك المسافات الناجم عن البيئة هناك:

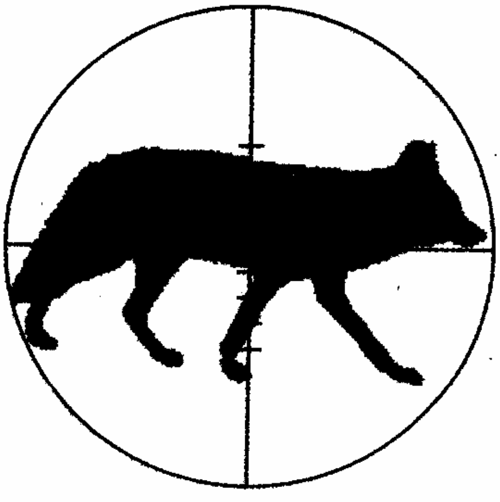
> لاحظ بيري أنه لو رأى صخرة بحجم أكبر من العادي في إحدى مسيراته القصيرة من الســفينة فإن عينيه تنجذبان بســحر مغناطيسي إليها، ووجد نفســه يتوجه إليها. كان سطح الثلج المنبســط خادعا جدا، بحيث بدا من الممكن الوصول إلى أجسام على بعد نصف ميل بعد دقيقة من السير فقط. في مثل هذا المشهد من السهل على المرء أن يضيّع موقعه.
>
> بيير بيرتون، كأس القطب الشمالي المقدسة[7]

هناك بعض الظروف غير العادية حيث تظهر زيادة في حجم جســم ما على الرغم من أن هذا قد يكون وهما. على ســبيل المثال، أدعي أن الأجســام تبدو ضعــف حجمها الطبيعي في الضباب[8]. هناك مشــكلة رؤية حقلية أخرى هي وهم القمر (الشــكل 19). عندما يبزغ القمر قرب الأفق، يظن الناس غالبا أنه ضخم. لو رأيت هذا ، مد إصبع الإشــارة بنهايــة ذراعك الممدودة بجوار القمر، وســترى أن قطره بحدود نصف درجة فقط. في إحدى الأمســيات جاء ابني إليّ وهو مهتاج ســائلا: «والــدي... والدي... ما الحضيض القمــري (أقرب مدار إلى الأرض) لمــدار القمر؟». حاولت في البداية أن أجد الجواب، ثم تذكرت أن القمر بدر في تلك الليلة، كان يبزغ عند مغيب الشــمس تماما. توقفت وسألته: «لماذا تــود معرفة هذه المعلومة الغامضة؟». أخبرني بــأن رفيقه اتصل به وأخبره بأن القمــر يبدو أضخم من المعتاد، وتصور أنه قــد يكون أقرب إلى الأرض. لقد بدا أكبر من المعتاد مقارنة بالأشجار البعيدة.



الشــكل (19): القمــر الكامــل (البــدر) مع جســم في الخلفية (خطوط الكهرباء) قرب الأفق.

لا تفيد القواعد الســابقة لتقدير المســافات المسافرين فقط، لكنها تستخدم في الحروب أيضا. عندما يصوّب جندي أو صياد بندقيته، عليه أن يعوّض عن المســافة التــي تســقط فيها الرصاصة بتأثــير الجاذبية من موقعه إلى هدفــه. يحتوي مجال البندقيــة الحديثة على علامات معيّرة بالميلــلي راديان أو ميلز (mils) والتي تعادل واحدا على ألف من الراديان (الشــكل 20)، حيث يعادل الراديان 57 درجة تقريبا. في حقبــة البنادق القديمــة (musket) لم تكن دقتها بجودة البنــادق اليوم. كانت عبــارة «لا تطلق النار قبل أن ترى بياض أعينهــم» التي تعزى إلى القواد في الحقبة الاستعمارية في معركة بانكر هيل، أمرا للحفاظ على الذخيرة حتى يكون البريطانيون ضمن المجال الدقيق للبنادق.



الشــكل (20): تمثيــل لذئــب يرى من منظار بندقيــة. التدريجات هي بواحد عــلى ألف مــن الراديان للمســاعدة في تقدير المجال. الراديان يعادل 57 درجة.

العثور على الاتجاه والحفاظ عليه

كما رأينا في الفصل الثالث، يميل الشخص التائه إلى السير في مسار عشوائي ودائري إذا لم يستطع تحديد اتجاهه. عندما يحدث هذا لا يتقدم الشخص كثيرا، وربما لا تتغير المسافة التي تفصله عن نقطة البداية على الإطلاق. لإحراز تقدم في رحلة ما، على المرء أن يحدد اتجاها ما ويحافظ عليه. لو صمم الرجل على السير باتجاه واحد، يمكنه اختيار اتجاه محتمل، ومتابعة السير عليه بخط مستقيم. لكن الأفضل من ذلك هو العثور على دلائل ثابتة في البيئة، كشروق الشمس، أو اتجاه الرياح السائدة.

الطريقة الأبسط لكبح الميل إلى التحرك بمسار عشوائي هي العثور على علامة مرئية قريبة كشجرة عالية، وعلامة بعيدة أو أكثر تحاذيها كقمة جبل، ثم التحرك نحو هذه العلامة. وعندما تحاول تحديد العلامات المتوازية استخدم العين نفسها في ذلك لتكون متسقة. ومع اقترابك من العلامة الأولى التقط علامة أخرى أبعد تقع على خط اتصال العلامة الأولى، ثم تابع السير بهذه الطريقة. حتى لو كان الطريق سيئا، مادمت حددت علامة فارقة، يمكنك صرف الاهتمام مؤقتا، والعثور على موقعك مجددا عندما تنظر إلى الأعلى مرة أخرى. غالبا ما تسافر القوافل في الصحراء بخط واحد بحيث يستطيع آخر شخص في القافلة أن يرى ما إذا كان قائد القافلة يميل من جهة إلى أخرى، ويمكن للرجل الأخير أن يصيح لتغيير الاتجاه، والحفاظ على الطريق الصحيح.

وكما هو الشأن في المسافات، فإن اللغات تحتوي على دلائل حول كيفية تحديد الناس للاتجاهات في الماضي. بما أن معظم السفر يتم على سطح الأرض، لا نتحدث عن «أعلى» و«أسفل» لكن عن الاتجاه على مستوى أفقي. قسمت معظم الثقافات الاتجاهات إلى أربعة اتجاهات أصلية على الأقل (شرق وغرب وشمال وجنوب). ربما تعلق هذا الأمر بتناظر جسم الإنسان أمام - خلف ويمين - يسار. في كثير من الثقافات هناك عادة محور رئيس للاتجاه يحدد بشيء ما من البيئة، مثل اتجاه الريح السائدة، ثم من محور ثان متعامد معه. يوحي وجود أسماء للاتجاهات الأصلية بأن تلك الثقافات امتلكت الوسائل والحاجة إلى اتخاذ موقعها وتحديد اتجاهاتها.

يتحــدث بعض علماء الاجتماع عــن لغات أمكنها فقط وصــف تموضع فضائي مطلق مثل «شــمال» و«شرق» مقابل تموضع نســبي مثل «أمــام» و«خلف»[9]. في معظم اللغات فإن أســماء الاتجاهات الأصلية مشــتقة دوما من أســماء خصائص بيئيــة. على ســبيل المثــال كلمــة «شرق» ترتبط غالبــا بالاتجاه الــذي تشرق منه الشــمس. في اللغة اللاتينية تعني كلمة «orions» «شرق»، وهي مشتقة من اتجاه شروق الشــمس. وهي أيضا أصل الكلمــة «orientation» «تموضع». وتعني كلمة «occidens» «غــرب» في اللاتينية، وهي بالطبع اتجاه غروب الشــمس[10]. تهيمن أولويــة كلمة «شرق» على اتجاه شروق الشــمس وكلمة «غــرب» على غروبها على العديد من اللغات في أوروبا وآســيا بما في ذلك السنسكريتية القديمة. تتحدر اللغة اللاتينية واليونانية والسنســكريتية والألمانية والعديد من اللغات الأخرى في أوروبا وجنوب آســيا من لغة واحدة يدعوها اللغويون باللغة الهندوأوروبية القديمة. لكن حتــى في اللغات غير الهندوأوروبية، كالعبرية والعربية والصينية ولغة هاواي يرتبط الشرق والغرب بشروق الشمس وغروبها أيضا.

في الصينيــة يتحدر رمز كلمة «شرق» وهو dong من مزيج لرمزين: تمثل الشــمس التي تشرق من الشرق على أنها الشمس وراء شجرة. بالتالي فإن شجرة, 木 mu وتوضع مع الشمس ri 東 لتشكل كلمة شرق. 东 dong. الشكل الحديث عبارة عن تطور أسلوبي من الشكل الأقدم، لكن شكله الأصلي مازال كما كان إلى حد بعيد 東.

لحظات شروق الشــمس وغروبها هي أســهل أوقات اليوم للحصول على موقع الشــخص لأنها تمثل الشرق والغرب تقريبا. الشرق هو الاتجاه الرئيس بالنســبة إلى كثيرين لســبب وجيه. يســافر الناس عادة خلال النهار، وينامــون في الليل. عندما يســتيقظ المســافرون في الصباح، تشرق الشــمس من الشرق، حيث تعمل كمرجع طبيعي لرحلة اليوم التالي.

يظهــر المصطلحان «شــمال» و«جنوب» اختلافات أكبر بــين الثقافات. لو كنت تواجه الشــمس في أثناء شروقها فإن الشــمال سيكون إلى يسارك، وسيكون الجنوب إلى يمينــك. في العديد من اللغات الهندوأوروبية، فــإن كلمة «north» أو «nord» يعتقد أنها مشــتقة من الكلمــة الهندوأوروبية الأصلية ner، وتعني «اليســار» أو «الأســفل». الكلمــة «south» أو «sud» بالفرنســية أو«suden» بالألمانية متعلقة

بالشـمس التي تصل إلى أعلى ارتفاع لها في السـماء عند منتصـف النهار جنوبا في نصف الكرة الشمالي. في هاواي تهيمن السماء الغربية حيث يقال إن الشمس تدخل حقلا جديدا لتعود في اليوم التالي، كما أن الكلمة لـ «الجنوب» تتعلق باليسار، و لـ «الشمال» تتعلق باليمين.

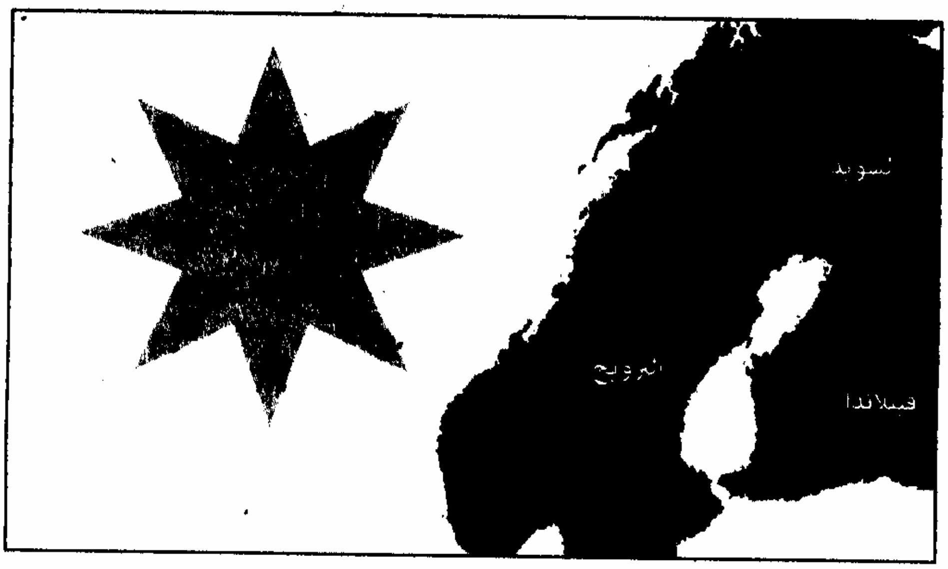
يمكن اشـتقاق «شـمال» و«جنوب» من معان أخرى، تأتي أحيانا من شـواهد بصرية. في اللاتينية «north» هي «septentriones» أو «الثيران السـبعة» المشتقة مـن نجوم الدب الأكـبر (Big Dipper) والذي يبدو على شـكل محراث. أصبحت الكلمة في النهاية مماثلة لكلمة «north». بالمثل في اليونانية هناك كلمة لـ«الشمال» وهـي «arctus» وتعنـي «دب»، حيث مثل الدب الأكبر على شـكل دب. الجنوب «south» في اللاتينية هو «meridiones» أو منتصف النهار - عندما تكون الشمس في منتصف السماء في الجنوب.

تأتي أسماء الاتجاهات في لغات أخرى من خصائص جغرافية محلية. في المصرية القديمة يربط «جنوب» و«شـمال» بالاتجاه «أعلى التيار» و«أسفل التيار» بالنسبة إلى نهر النيل. بالنسبة إلى قبيلة بوغيت ساليش (في ما هو الآن ولاية واشنطن)، فإن كلمـة «شرق» تعني حرفيا «من أعلى النهـر»[11]. وفي لغات أخرى يمكن أن تتعلق بالريـاح (اليونانية واللغات الأمريكية الأصليـة). ويمكن أن تأتي أحيانا من الطقس، حيث تأتي كلمة «شرق» من كلمة «بارد».

كما ذُكر في الفصل الثاني، يمكن اسـتخدام الريـاح لمعرفة الاتجاه. كانت الرياح علامة مهمة لشـعب النيتسـيليك أنويت. ربما يبعث تغير اتجاه الرياح على القلق، لكن في حالات كثيرة يرتبط اتجاه الرياح بخصائص مهمة للرياح نفسـها. على سبيل المثال، كلمة يونانية أخرى لـ «شـمال» هي «boreas» تأتي من إله الريح الشمالية. والتـي كانت باردة وجافة بشـكل مميز، بينما كانت الريـاح الغربية (zephyrus) دافئة ورطبة ومبشرة بقدوم الربيع.

تختلف أسـماء الاتجاهـات بين الجهـات الأصلية الأربع مثل الشـمال الغربي والجنـوب الشرقـي من ثقافة إلى أخـرى، وتتعلق غالبا بإجـراءات الملاحة المتبعة. للوصول إلى آيسلندا وغرينلاند وجزر الفارو أو جزر شيتلاند كان النورديون يبحرون على طول سـاحل النرويج حتى يصلوا إلى علامة أرضية فارقة تخدم كنقطة انطلاق.

في النورديـــة القديمــة ميزت النقاط بين الشـــمال والجنوب والـشرق والغرب وفق علاقاتها بســاحل النرويج. على سبيل المثال كان يعبّر عن الشمال الشرقي بـ «شمال باتجــاه أرض» أو «landnordr»، وكان يعبر عن الجنوب الشرقي بـ «جنوب باتجاه أرض» «landsudr». أصبح الشمال الغربي والجنوب الغربي «شمال بعيد» و«جنوب بعيد» على التوالي (الشكل 21).



الشــكل (21): ســميت الاتجاهات في النورديــة القديمة وفق العلاقة مع ســاحل النرويج، والذي استُخدم بوصفه نقاط انطلاق للرحلات إلى آيسلندا وغرينلاند.

من الشــائع العثور على ثماني تقســيمات للاتجاهات. كان لدى قبيلة توســكارورا من ســاحل كارولينا الشــمالية ثماني نقاط للاتجاه، واستخدموا خصائص الرياح لتسمية الاتجاهات الفرعية بين الاتجاهات الأربعة الأصلية. وثّق المساح البريطاني جون لوسون عادات التوسكارورا في سجله رحلة جديدة إلى كارولينا «كانت لديهم أسماء لثمانية من أصل اثنين وثلاثين اتجاها، وســموا الرياح بأســماء مختلفة كما نفعل نحن، لكن بشكل أدق، بالنســبة إلى الرياح الشــمالية الغربية كانت الرياح الباردة، والشــمالية الشرقية بالرياح الرطبة، والجنوبية بالرياح الدافئة، وهكذا بشكل ملائم بالنسبة إلى البقية»[12].

التقســيمات الفرعية الأخرى للزوايا حول الأفق شائعة أيضا. يستخدم الملاحون في جزر المحيط الهادئ مواقع النجوم المشرقة والغاربة وكذلك الرياح لمعرفة الاتجاه في المحيط المفتوح. وهنا يمكن للمرء أن يرى ستة عشر أو حتى اثنين وثلاثين تقسيما فرعيا للاتجاهات حول الأفق. من حيث المبدأ يمكن أن تستمر عملية تقسيم الزوايا

إلى ما لا نهاية، لكن تقسيم الزاوية إلى اثنين وثلاثين قسما هو بعرض 11.25 درجة، وهو ما يستطيع شخص أن يفعله لتحديد الزوايا بالعين المجردة من دون أجهزة. ترتبط الـ 11.25 درجة أيضا بالعرض التقريبي لقبضة يد عند نهاية ذراع ممدودة. وربما يفسر هذا الاستخدام الشائع للتقسيم إلى اثنتين وثلاثين درجة(13).

قبل استخدام البوصلة المغناطيسية لتحديد الاتجاه، كانت الشمس والنجوم والرياح غالبا الدلائل الرئيسة لمعرفة الاتجاهات. وفي بعض الحالات، كان تضخم المحيط منتظما بما يكفي لتحديد الاتجاه بواسطته كما في جزر مارشال، حيث كانت «الملاحة بالأمواج» شائعة. على اليابسة هناك دلائل أكثر يمكن استخدامها لتحديد الاتجاه في الأيام الغائمة، ليس أقلها الممرات البشرية المعروفة.

الوسائل الأسهل للملاحة بالطبع هي السؤال عن الاتجاهات، وهو فن بدأ يندثر في الحقبة الحديثة. عندما نعطي الاتجاهات، تكون - مثاليا - سلسلة من الاتجاهات والعلامات الفارقة والمسافات تصاغ على شكل زمن السفر. يمكننا تحليل الجملة «تسافر غربا لمسافة ثلاثة أميال، حتى تصل إلى جرف، ثم تسافر جنوبا ميلين للوصول إلى هدفك». لو بحثنا عن أصل الكلمات، فإن هذا يترجم إلى «تسافر باتجاه الشمس الغاربة ثلاثة آلاف خطوة حتى تصل إلى جرف، ثم تسافر باتجاه الشمس عند منتصف النهار مسافة ألفي خطوة لتصل إلى هدفك». هذه القائمة تصبح أساس الملاحة بالتخمين الصائب.

ممارسات في التخمين الصائب

يجري الناس في معظم الوقت شكلا من أشكال التخمين الصائب من دون أن يدركوا ذلك. لكن من الممكن تطوير التخمين الصائب ليصبح إجراء ممنهجا. خلال التاريخ، كانت هذه التقنية هي الأكثر شيوعا في البحر والبر. التخمين الصائب عملية بسيطة ومن السهل وصفها.

لو سرت خلال غابة كثيفة منبسطة في يوم غائم، أو أبحرت خلال الضباب، فستحاول الحفاظ على التحرك في اتجاه ثابت، وتسجيل المسافات التي قطعتها. حتى بهذا الإجراء هناك عدم تأكد ذاتي بالنسبة إلى الموقع يزداد مع مرور كل ساعة من الرحلة. يمكنك معرفة سرعتك واتجاهك بدقة محدودة فقط. عندما

تشاهد علامة فارقة، وتستطيع تحديد موقعك بدقة أكبر، تعيد تعيير ساعة التخمين الصائب مرة أخرى، وتبدأ عملية التخمين الصائب من جديد.

هناك حاجة إلى ثلاث معلومات لإجراء عملية التخمين الصائب: 1 - موقع البدء. 2 - معرفة الاتجاه الذي تتحرك فيه طوال الوقت. 3 - معرفة المسافة التي قطعتها.

بعض المصطلحات الشائعة في التخمين الصائب:

نقطة الانطلاق (point of departure): بدء الرحلة من موقع معروف.

الوجهة (heading): عنوان السفر.

التوجه (bearing): الاتجاه من المراقب إلى موقع ما.

التثبيت (fix): تحديد مؤكد للموقع.

هناك مثل فارسي يقول «الحظ مغرم بالكفء» هذه ملاحظة ذكية للعديد من الأنشطة البشرية، لكنها صحيحة خصوصا عندما يعمل المرء بالتخمين الصائب خلال منطقة غير معروفة. سأصف لاحقا بعض الإجراءات الشائعة.

هناك مهارة مهمة وهي القدرة على تحديث موقعك على الخارطة باستمرار سواء أكانت خارطة عقلية أم خارطة فيزيائية. يتضمن هذا مقارنة الدلائل المتوافرة كلها مع التوقعات. لهذا يجب أن يكون التحديد الأولي لنقطة الانطلاق مؤكدا تماما. بعد العثور على نقطة انطلاق، يمكنك أن تحدد وجهة السفر - الوجهة. وعندما تفعل ذلك حاول أن تحدد عدة طرق للحفاظ على الاتجاه في أثناء السفر، على الأقل طريقة واحدة رئيسية وأخرى احتياطية. ومثال على ذلك، يمكنك أن تستخدم البوصلة المغناطيسية أو تراقب اتجاه الرياح. يمكن أن تضيع البوصلة كما يمكن أن يتغير اتجاه الرياح، لكن كل واحدة منهما تؤكد الأخرى.

مع التحرك، اعثر على علامة فارقة تقع في الاتجاه المقصود للحركة. فالسير ورأسك مطرق إلى الأسفل، وأنت تنظر إلى البوصلة أو إلى قدميك، أقل دقة بكثير من النظر إلى علامة فارقة في اتجاه السفر، أو الأفضل من ذلك، العثور على مجموعة من العلامات الفارقة التي تصطف على مسار اتجاهك، والمضي نحوها. عندما تصل إلى العلامة الفارقة الأولى، فتّش عن علامة فارقة ثانية تنطبق على منحى سيرك، وتحرك في ذلك الاتجاه. في الماء إذا لم تكن لديك بوصلة مغناطيسية، فإن اتجاه الريح أو النجوم يشكلان بوصلة طبيعية.

وأنت تنتقل سجّل عدد خطواتك، أو عدد ضربات مجداف الزورق، أو الكاياك. تابع تسجيل الوقت إذا توافرت لك الوسائل لذلك. حاول أن تقدر سرعتك، بحيث يمكنك دوما أن تحدّث خارطتك الفيزيائية أو العقلية لتحديد موقعك:

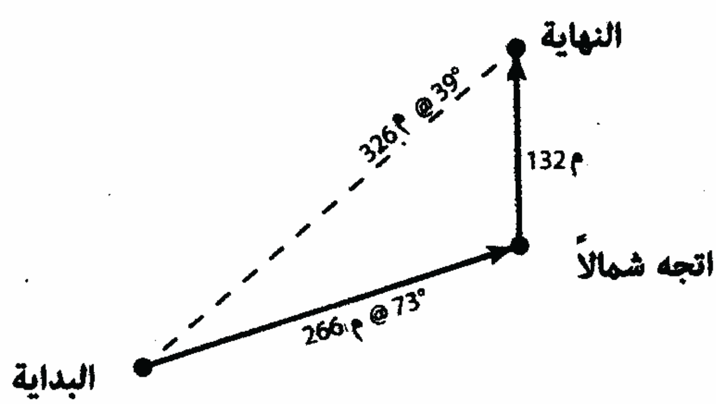
1 - إذا كنت تسافر برا أو على مرأى من الشاطئ، تتبّع العلامات الفارقة وأنت تمر بها، وسجّل التوجه في منحى هذه العلامات الفارقة. في كثير من الأحيان، لو ضاع شخص يمكنه العودة إلى آخر نقطة جرى تثبيتها، ويمكنه عندها أن يخمّن كيف أخطأ الطريق.

2 - عندما تغير الاتجاه، عليك أن تعين تثبيتا جديدا لتحديد موقعك الجديد. سجل المسافة التي قطعتها في الاتجاه السابق، وتابع كما ذكر سابقا. انظر وراءك إلى الاتجاه الذي أتيت منه، بحيث يمكنك أن تتعرف على ما ستصادفه في أثناء العودة.

3 - في بحر مفتوح يتطلب تثبيت المواقع من مكان إلى آخر مراقبة النجوم والشمس. وفي كثير من الأحيان لا يمكنك مراقبتها بسبب الطقس السيئ، وعليك أن تعتمد على التخمين الصائب في هذه الفترات إلى أن تحصل على رؤية واضحة.

4 - لا تتحدث مع مرافقيك وأنت تتحرك ضمن منطقة صعبة، إلا إذا كان الحديث حول الملاحة. يمكن للمحادثة أن تلهيك كثيرا، وتسهل تضييعك للعلامات الفارقة. يمكنك الحديث في أثناء فترات الاستراحة.

5 - إذا كانت لديك خارطة فسجل تقدمك عليها. وإذا لم يكن لديك فاستخدم قطعة من الورق للإشارة إلى العلامات الفارقة والتقدم بما في ذلك الانعطافات (الشكل 22).



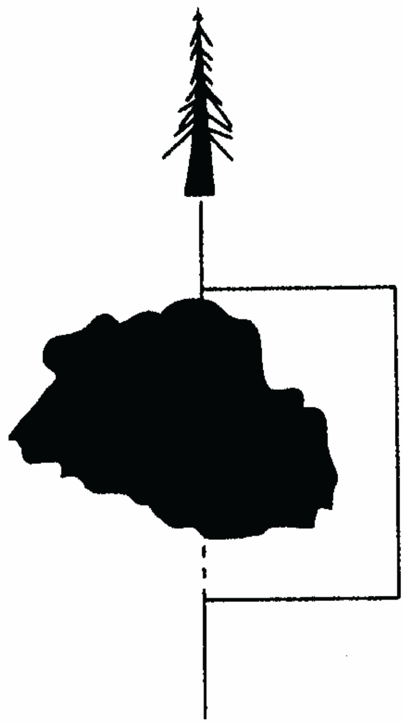
الشكل (22): على خارطة من الورق، سجّل المراحل المختلفة في سفرك. الإضافة الهندسية للمراحل المتعددة للرحلة تعطيك «المسافة المقطوعة».

استخدم لويس وكلارك التخمين الصائب في رحلتهما عبر الشمال الغربي للولايات المتحدة في أوائل القرن التاسع عشر. سجّلا في سجلهما كل مرحلة غيّرا فيها الاتجاه للحفاظ على الأثر، ثم جمعا هذه الأجزاء بعضها مع بعض للوصول إلى موقع جديد في نهاية اليوم. من حين إلى آخر عندما سمح الطقس بذلك، سجلا ملاحظات فلكية لتثبيت موقع يمكن مقارنته بالموقع الذي حصلا عليه بالتخمين الصائب. يظهر الجدول (1) في الأسفل مقطعا من سجل لويس وكلارك ليوم واحد من التخمين الصائب. يعطي العمود الأول اتجاه الرحلة، ويعطي العمود الثاني المسافة ضمن ذلك الاتجاه في رحلة يوم واحد، ويظهر العمود الثالث تعليقات استخدمت لمقارنة العلامات الفارقة مع مواقع من التخمين الصائب.

الجدول (1): جزء من سجل لويس وكلارك

الاتجاه	ميل	تعليقات
جنوب	1.5	إلى نقطة على اليمين
جنوب 28° غرب	2.25	إلى صخرة تشبه برجا على اليمين
جنوب 10° شرق	1.75	إلى اليمين. نقطة تمر بسرعة
جنوب 60° غرب	0.75	إلى شجرة على اليمين وسريعة على كامل المسافة
جنوب	0.75	إلى بعض الأدغال [على اليسار] عبر جدول كبير عند 0.5 ميل إلى اليسار. الجانب الذي دعوناه بجدول شيلد.

على اليابسة، خصوصا في مناطق حضرية أو ساحلية، علينا في كثير من الأحيان أن نعود كي نتجنب المناطق الصعبة. تشمل هذه المناطق مستنقعات وبحيرات وجروفا وأدغالا كثيفة وبنايات كبيرة أو جزيرة. لو استطعت رؤية الطرف الآخر من الحاجز، مثل بحيرة (الشكل 23) يمكنك العثور على علامة فارقة واضحة على الطرف الآخر من الحاجز، وشق طريقك حوله. باستخدام نموذج الصندوق حيث تكون هناك إزاحتان عموديتان على اتجاه السفر، ومسافة أخرى موازية له، يمكنك تسجيل المسافة التي قطعتها وأنت تتجنب الحاجز. في حالة وجود جرف أو هضبة حيث تكون الرؤية عبر الحاجز متعذرة، لايزال من الممكن لنموذج الصندوق أن يساعد الشخص في الحفاظ على اتجاهه.



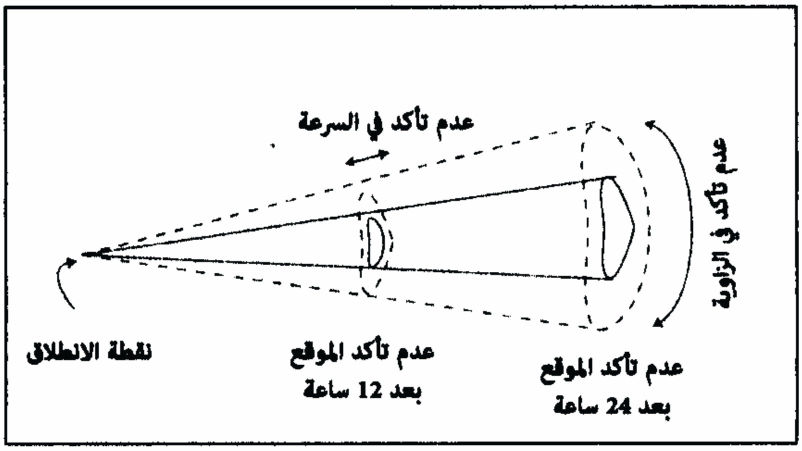
الشكل (23): عند الالتفاف حول حاجز، كبحيرة مثلا، شاهد علامة فارقة على الطرف الآخر، وانتقل بنموذج الصندوق في مسار آخر.

تعتمـد دقة التخمين الصائب على الخـبرة والقدرة على الملاحظة الدقيقة. ومع الوقـت يطوّر الناس هذه الطريقـة، لكن هذا يتحقق من خـلال التجربة والخطأ بشـكل رئيس. في معظم حـالات التخمين الصائب تتراوح دقـة الاتجاه بين 5 و10 درجـات في أفضل الأحوال، وهـذا مع توافر بوصلة. لو اسـتخدمت الرياح لتقدير الاتجـاه فيمكـن أن تكون الدقة بحـدود 20 درجة. نادرا ما تكـون دقة تقديرات السرعـة أفضل من مجال 10 في المائة، لأن التغيرات في البيئة تؤثر عادة في السـفر. وإذا كنت تسـافر مشـيا على الأقدام، فيمكن للتغـير في طبيعة الأرض والإجهاد أن يؤثرا في سرعتك. لا يلاحظ البحار التغيرات في سرعة الزورق بسبب التغيرات الدقيقة في سرعة الرياح واتجاهاتها، حتى لو استخدم حبل تحديد السرعة من حين إلى آخر.

هذا المبدأ في تحديد نسـبة عدم التأكد في سرعـة الانتقال واتجاهه ليس عاما، لكنه مثل نموذج السـير العشوائي الذي ذكرناه في الفصل السابق للأشخاص التائهين، يسـتخدم كنوع من التوصيف الأسـاسي لعـدم التأكد الكامـن في عملية التخمين الصائب. إنه يعمل بشكل جيد، وهو افتراض محافظ.

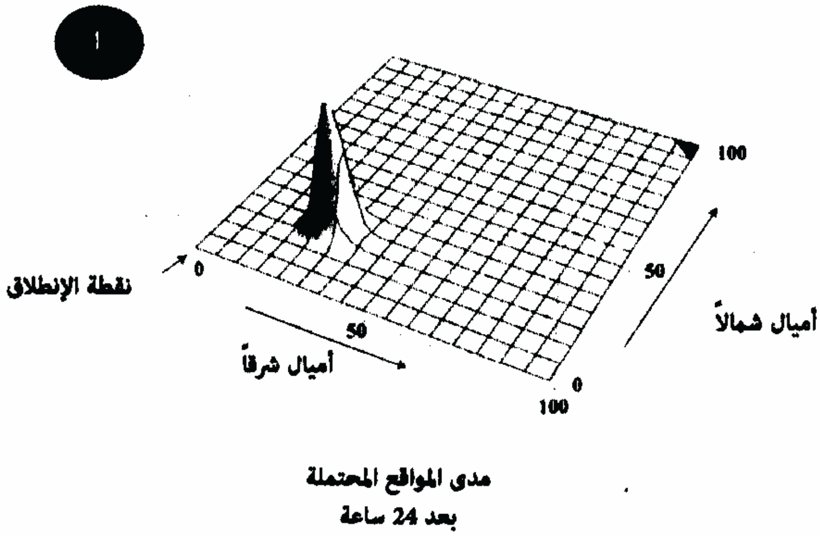
بافتراض أن عدم التأكد في الاتجاه وسرعة السير هو على شكل نسبة ثابتة، فإنه سـيتراكم مع الزمن، مما يؤدي إلى عدم تأكد متزايد في الموقع مع تقدم الرحلة. لو سـافرت بمعدل 3 أميال في السـاعة بـ 10 في المائة من عدم التأكد، فبعد 12 ساعة

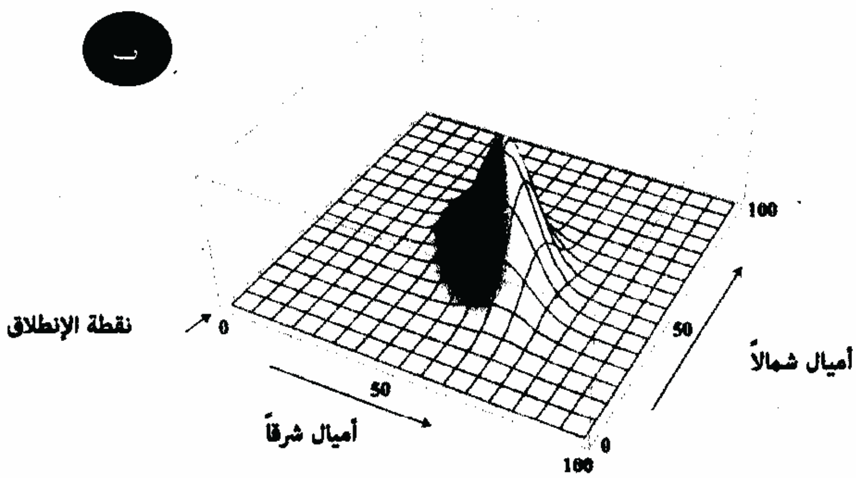
سيكون موقعك على بعد 36 ميلا من نقطة انطلاقك، وبعدم تأكد مقداره 3.6 ميل. وبعد 24 ساعة فإن عدم التأكد يزداد إلى 7.2 ميل. ويحدث التراكم نفسه لعدم التأكد في الاتجاه أيضا، (الشكلان 24 و25).



الشكل (24): كيف تسهم نسبة مئوية ثابتة من عدم التأكد في السرعة والوجهة في خلق مجال من المواقع المحتملة عند الاعتماد على التخمين الصائب فقط لتحديد موقع؟

يمكن للملاحين أن يكسبوا من عدم التأكد الكامن في عملية التخمين الصائب مع ازدياد الوقت. قام عالم الإنسانيات ديفيد لويس برحلات لمسافات طويلة مشابهة لتلك التي تعزى إلى سكان جزر المحيط الهادئ. يعتقد أن استيطان جزر هاواي والجزيرة الشمالية لنيوزيلندا جاء نتيجة رحلات طويلة المدى امتدت لنحو ألفي ميل. شرع لويس في محاولة إعادة هذه الرحلات باستخدام تقنيات الملاحة المحلية، بما في ذلك النجوم والرياح وأمواج البحر لتحديد الاتجاه. بعد رحلات لألفي ميل أو أكثر، رسا بدقة ثلاثين ميلا عن الهدف، وهي دقة تقع ضمن 1 في المائة، وأفضل بكثير من الـ 10 في المائة التي استخدمتها من قبل[14]. خمّن لويس أنه كان عرضة لعدد من العوامل العشوائية التي كان من الممكن أن تحيد به عن مساره، كالرياح والتيار. استنتج أنه، على مدى رحلة طويلة جدا، يمكن للعوامل العشوائية أن يلغي بعضها بعضا، مما يؤدي إلى دقة أفضل بكثير من الـ 10 في المائة الظاهرية التي ذكرتها من قبل[15].





الشكل (25 أ و ب): يشرع البحار في اتجاه شمال شرق بمعدل 3 أميال في الساعة وبعدم تأكد 10 في المائة في السرعة وعدم تأكد بمقدار 10 درجات في الاتجاه. يظهر الشكلان احتمالات وجود البحار بعد 12 و24 ساعة.

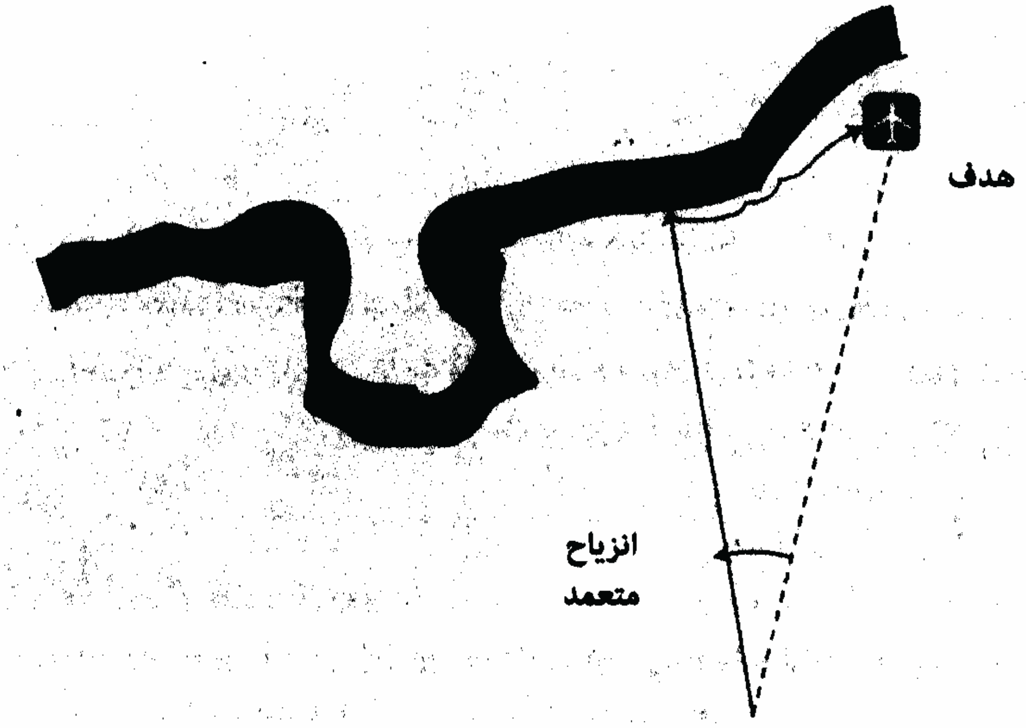
أعادت الجمعية البولينيزية للملاحة المؤسســة العام 1973 عدة رحلات طويلة المدى باســتخدام تقنيات محلية. في العامــين 1976 و 1980، قامت برحلات جيئة وذهابا بين هــاواي وتاهيتي بما مجموعه مائة وأربعــة وعشرون ميلا. في الرحلات الأربع كلها كان تحديد موقعهم صحيحا بحدود ســتين إلى مائة ميل خلال الرحلة، وهذا مرة ثانية أفضل بكثير من الـ 10 في المائة الاسمية التي ذكرتها سابقا. استخدم

الملاحـون في تلك الرحلات مواقع النجوم لتحديد خطوط العرض، وأبحروا على خط شـمال - جنوب تقريبا. كان خط الطول دقيقا نسـبيا أيضا، ولم يستفد من تثبيت الموقع من أي نوع[16].

في رحلـة طويلـة هناك سـيناريو محتمل هـو تغيير فترات تحديـد المواقع بالتخمين الصائب، يتبعها تثبيت من نوع ما يختزل عدم التأكد في الموقع بشـكل كبير. بعد التثبيت تستمر الرحلة، حيث يحدد الموقع مرة أخرى بالتخمين الصائب حتـى التثبيت التـالي. وبالتناوب بين هاتين العمليتين، يمكـن للملاح أن يحد من زيادة عدم التأكد بالنسـبة إلى الموقع. وفي هذه الحالة لا يزداد عدم التأكد إلى ما لا نهاية مع الزمن.

تعتمـد دقـة التخمين الصائب إلى حد مـا على المهارة والخـبرة. وبينما يحقق البحارة المتمرسـون نسبة الـ 10 في المائة، يكون من النادر أن يصل الأشخاص الذين تعلموا التخمين الصائب حديثا إلى هذا المستوى من الدقة. عَلّمت مجموعة مؤلفة من مائة طالب كيف يقدرون المسـافات بعد الخطوات وقياس الزوايا باسـتخدام أيديهـم. عندما عهدت إليهم بمهمة السـير لميل من موقـع إلى علامة فارقة أخرى وتقدير موقعهم النسبي كانت دقتهم ضمن 25 في المائة وليس 10 في المائة.

يملي عـدم التأكد في عملية التخمين الصائب عادات معينة في أثناء السـفر. لو أردت الوصول إلى بقعة ضئيلة جدا في مكان مقفر باستخدام التخمين الصائب، فإن احتمال الوصول إليها بسرعـة يصل إلى الصفر كلما ابتعدت هذه البقعة عن نقطة الانطلاق. لكنك لو علمت أن هدفك يقع على ضفة نهر، أو طريق أو شاطئ، أو أي خاصية خطية أخرى، فإن هذا سيجعل المشكلة أسهل بكثير. اعثر على وجهة تتقاطع مع الطريق أو النهر أو الشـاطئ، لكنها بعيدة قصدا عن الهدف. سـوف يسمح لك هـذا بأن تأخذ أي عدم تأكد في التخمين الصائـب بعين الاعتبار. لو اتخذت انحيازا عن قصد في وجهتك، فسـتعرف ذلك عندما تصل إلى الطريق أو الشـاطئ أو النهر، وعليـك أن تنتقل في اتجاه معين على طول هذا النهر أو الطريق أو الشـاطئ حتى تجد هدفك (الشكل 26). يختزل هذا بفاعلية مشكلة العثور على نقطة في مستوى ثنائي الأبعاد إلى العثور أولا على خط في مسـتوى ثنائي الأبعاد، ثم العثور على نقطة على طول ذلك الخط.

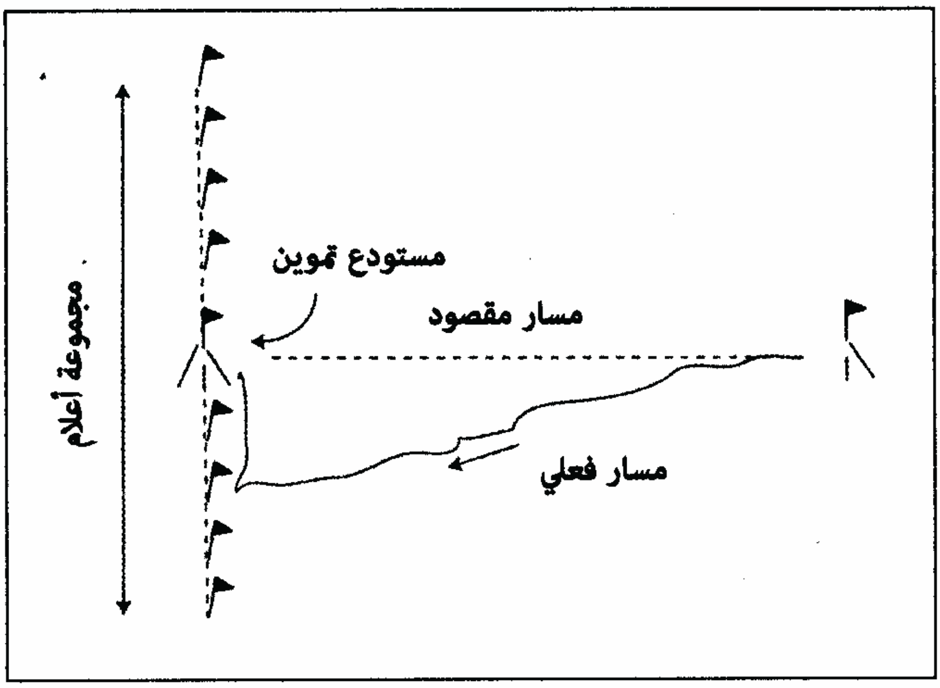


الشكل (26): استخدام انزياح متعمد للوصول إلى الهدف. بدلا من محاولة إيجاد المطار على النهر مباشرة، تحرك عمدا إلى غرب الهدف، ثم اتبع ضفة النهر إلى الشرق.

كان علي أن أستخدم هذه التقنية أكثر من مرة. عندما أبحرت بزورق كاياك على ساحل مين، غلفت بضباب كثيف. أردت أن أصل إلى أبعد نقطة شرقا في الجزيرة، ثم الاتجــاه جنوبا للتجديف إلى هدفي. لو جدفت مباشرة إلى النقطة في الشرق، لكانت هنــاك فرصة جيدة في أن أضيعها، وأن أجدف باتجــاه البحر المفتوح. قمت بإجراء انحياز متعمد لأضمن الوصول إلى الشاطئ الشمالي للجزيرة. بمجرد أن وجدت ذلك، تبعت الشــاطئ إلى الشرق إلى أن اســتدار جنوبا، واستخدمت تلك كنقطة مغادرتي للمرحلة الأخيرة من رحلتي.

طريقــة أخرى لاســتخدام الانحياز المتعمد هي العثور على طريقة لتوســيع الحجــم الفعال للهدف. كان ملاحو جزر المحيط الهادئ يبحرون في اتجاه جزيرة ما، ويحاولون مراقبة الطيور التي كانت تطير إلى مســافة ثلاثين ميلا من الشاطئ للحصــول على الغذاء خــلال اليوم، ثم يتبعونها وهي تعود إلى أعشاشــها عندما يحل المساء.

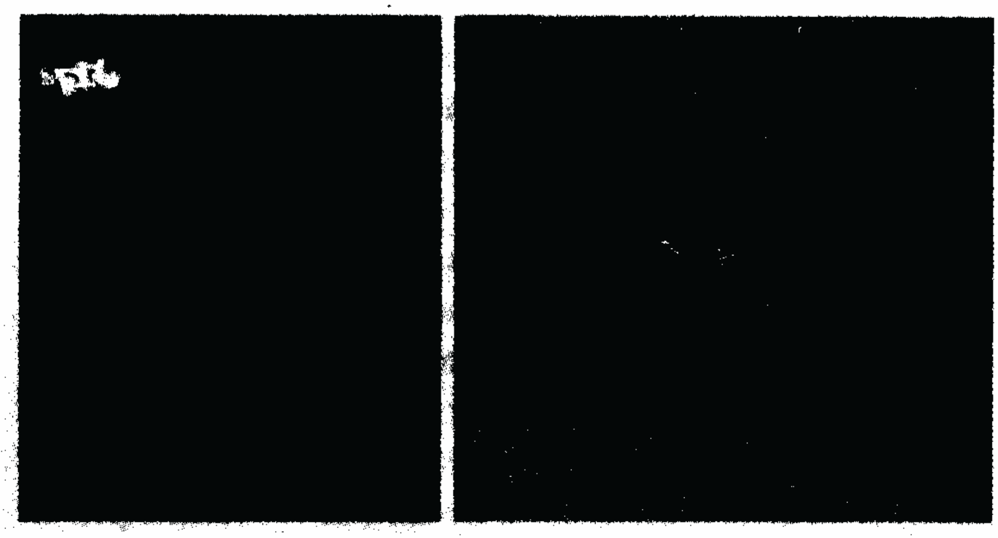
تشكل الملاحة في أرض تغطيها الثلوج مشكلة خاصة لأن كل شيء أبيض. ويمكن أن تقـصّر العواصف مجال الرؤية إلى عدة أقـدام فقط، كما أن مظهر الأرض يتغير باستمرار. عندما قاد رولد أمندسون فريقه النرويجي إلى القطب الجنوبي بين العامين 1911 و1912، التقط الغذاء والوقود لرحلة العودة من سلسـلة من المسـتودعات التي وزعت على مسـافة سـبعين ميلا. للعثور على المسـار قرب القطبين تحدياته الخاصـة به. وضع أمندسـون علامات دالـة من أعلام وصخور وحتى أوسـاخ على مسافات بين 3 و8 أميال على طول مسار رحلته. وفي كل منها سجل الموقع والمسافة إلى العلامة التالية. ولتحديد المسـتودعات نفسـها، وضع صفا من الأعلام السـوداء يبعد كل منها عن الآخر نصف ميل عمودية على خط السـفر، إلى مسـافة 5 أميال تحيط بالمسـتودعات (الشـكل 27). وعلى كل علم قطعة من الورق سـجل عليها الاتجاه والمسافة إلى المستودع نفسه. في صنع هذا الصف من الأعلام وسع أمندسون بفاعلية حجم المستودع المقصود ليأخذ بعين الاعتبار عدم التأكد في عملية التخمين الصائـب. كان اختياره لـ 5 أميال متفقا مع نوع عدم التأكد الذي يتوقعه المرء بعد تخمين صائب لمسافة سبعين ميلا[17].



الشكل (27): مجموعة أعلام أمندسون التي أحاطت بمستودعاته.

مـــن الممكن في الأغلب الحصول عـــلى تثبيت للموقع عندمـــا تتطابق علامتان فارقتان على خط واحد. يخلق هذا شـــيئا يدعـــى خط الموقع (line of position)، والذي يعني أنك في مكان ما على الخط الواصل بين العلامتين الفارقتين. في الشـــكل (28) يقع راكب الكاياك في مكان ما على طول شاطئ، ويشاهد قمة جبل بعيد على خـــط يصل بينه وبـــين عوامة. على الخارطة يعلم راكب الكاياك أنه في مكان ما على الخط الواصل بين هاتين العلامتين. لو علم أنه قريب من الشـــاطئ فإن تقاطع خط الموقع هذا مع الشاطئ يعطيه نقطة تثبيت موقع. تشمل اختلافات عن هذا النمط اســـتخدام خط موقع من جســـمين وانطباعا بصريا عن المســـافة، أو تقاطع خطي موقع، حيث يمكن بواسطتها أيضا تثبيت موقع.

الميزة الكبيرة لتحديد الموقع بواســـطة الطبيعـــة هي أنه يمكن إجراؤها بسرعة، ومن دون الحاجة إلى اســـتخدام بوصلة مغناطيســـية. يمكن استخدام هذه التقنية في أي بيئة. في مواقع حضرية على ســـبيل المثال يمكنك اســـتخدام الأبنية الشـــاهقة والعلامات الفارقة الأخرى لتأسيس خط موقع.



الشكلان (28 أ) و(28 ب): يشكل خط موقع عندما يصطف جسمان بعيدان على خط واحد. يمكن استقراء هذا الخط والحصول على تثبيت موقع من تقاطعه مع خط موقع آخر أو مع خاصة خطية كساحل مثلا.

هذه التقنيات كلها مسألة اعتياد. يمكن أن تكون القراءة عنها نوعا من الفضول، لكــن هناك حاجة إلى التمرن والاعتياد عليها. على ســبيل المثال هناك تمارين يمكن إجراؤها خلال ســاعة أو ســاعتين من وقت الفراغ. حاول فقــط أن تعد الخطوات أحيانا عندما تذهب إلى مكان ما. لاحظ اتجاه الريح وموقع الشــمس في الســماء. احسب ارتفاع بناء أو علامة فارقة أخرى شاهقة قرب مكان إقامتك، ثم قدّر المسافة إلى هــذا البنــاء من موقع ما بمد يــدك وقياس ارتفاعها الــزاوي. سر إلى البناء وعد خطواتك. انظر فيما إذا كان تقديرك للمسافة بطريقة الارتفاع الزاوي، وبطريقة عد الخطوات يتوافقان. بنيت العديد مــن الاقتراحات المذكورة في هذا الفصل بطريقة التجربة والخطأ عبر أجيال، ولم تنشأ من التفكير المجرد، لقد جاءت بالتدرب.

5

أساطير حضرية في الملاحة

التوجه المكاني مهم جدا للملاحة. من أصل الكلمات المستخدمة للجهات الأربع (شرق وغرب وشمال وجنوب) في اللغات المختلفة، يمكنك رؤية كيف استخدمت الخصائص البيئية الرئيسة تاريخيا لمعرفة الاتجاه. غالبا ما تحتوي كتب من نوع «كيف تعمل» ومجلات التسلية على مقالات وفصول تصف أساليب ذكية لتحديد الاتجاه باستخدام طرق غير تقليدية. تبدو هذه الأساليب غالبا فولكلورية أو على شكل أسطورة حضرية. هناك الكثير جدا منها كي تذكر كلها هنا، وصراحة فإن معظمها يعمل ضمن ظروف محدودة. وعلى الرغم من ذلك اخترت أن أتتبع أصول ثلاث طرق غريبة توجد أحيانا في كتب «كيف تعمل» لتحديد الاتجاه وتاريخها وهي: الطحالب على الأشجار وموقع الكنيسة وأطباق التلفاز. لا أنوي إقناع القارئ باستخدام هذه التقنيات لتحديد الاتجاه بشكل

«أتساءل كثيرا: ما الذي سيعتقده عالم آثار في المستقبل البعيد حول هذه الأطباق المضحكة التي تتجه إلى البقعة نفسها في السماء؟»

منتظم، بل أريد اختبار فائدتها كوسائل للملاحة، لأقنع القارئ بأن هذا النوع من المساعدة مفيد فقط بالتعود عليه، وبالمعرفة المتخصصة به.

هناك مقولة شائعة تقول إن الطحالب الخضراء (moss) تنمو على الجهة الشمالية فقط من الأشجار. هناك أساس لهذه الفكرة، غير أن عليك أن تكون حذرا. في خطوط العرض الوسطى في نصف الكرة الشمالي يرسم مسار الشمس قوسا يمتد عبر الجهة الجنوبية من السماء. ينير هذا المسار الجانب الجنوبي من الأشجار، مجففا القشرة، بينما يبقى الجانب الشمالي في الظل. تميل الطحالب الخضراء إلى النمو في المناطق الرطبة والمعتمة، لذا فإن الجانب الشمالي للأشجار في نصف الكرة الشمالي بشكل عام أكثر ملاءمة لنمو الطحالب الخضراء من الجانب الجنوبي. وبالمنطق نفسه عليك أن تتوقع نمو الطحالب الخضراء على الجانب الجنوبي من الأشجار في المناطق المعتدلة من نصف الكرة الجنوبي.

إذا نظرت إلى ساق شجرة مع الأشياء الخضراء التي تنمو عليه فقد يكون أحد ثلاثة أشكال من الكائنات المتميزة: أشنية (lichen) أو طحلب (algae) أو طحلب أخضر moss)). يظن الناس غالبا أن الطحلب، أو الأشنية، هو الطحلب الأخضر. الأشنية عبارة عن عضوية تكافلية من الطحلب والفطر (fungus) تأتي بأشكال عديدة مختلفة، الأكثر شيوعا منها يكون بلون أزرق مخضر فاتح، وتنتج أقراصا مستوية شرائحية. الأشنيات الأخرى التي تنمو على الأشجار قد تكون لها بنية خيطية. بعضها يمكن أن يكون أصفر ناصعا وبرتقاليا أو أحمر قليلا. الصفة الجنوبية- الشمالية للأشنيات ليست مميزة مثل تلك للطحالب أو الطحالب الخضراء، ويمكن غالبا العثور عليها وهي تنمو نحو جذع شجرة بكامله. البليوروكوكس (pleurococcus) هو نوع شائع جدا من الطحالب يوجد على الصخور وجذوع الأشجار والتربة. لونه أخضر فاتح، ومثل الطحلب الأخضر يفضل الأماكن الرطبة والمعتمة. في هذا الصدد يمكن استخدام البليوروكوكس مثل الطحلب الأخضر لتحديد نمط الاتجاه جنوب- شمال.

بينما تكون البليوروكوكس عضوية وحيدة الخلية، فإن الطحلب الأخضر نبات له عناصر مكونة مميزة. على النقيض من عدد من النباتات، يفتقر الطحلب الأخضر إلى نظام وعائي لنقل الماء، وعليه الاعتماد على البيئة لتزويده بالماء،

وهذا سبب نموه بشكل أفضل في بيئة رطبة ومعتمة. الطحالب الخضراء أغمق في اللون عادة من البليوروكوكس، ويظهر الفحص الدقيق لها العناصر البنيوية الشبيهة بالنبات.

على الناس أن يشكوا في المقولة الشعبية حول نمو الطحلب الأخضر على الطرف الشمالي لأن هناك العديد من العوامل التي تخلق بيئة رطبة ومعتمة. إذا كانت الأشجار على الطرف الشمالي لهضبة فإن جذوعها ستكون معتمة دوما، ويمكن أن تكون جذوع سيقانها محاطة تماما بالطحالب الخضراء. وسط غابة كثيفة حيث تكون الأرض مغطاة بالظل، هناك فرق بسيط بين الطرفين الشمالي والجنوبي من الشجرة لنمو أفضل للطحالب الخضراء. تؤدي اتجاهات الرياح السائدة وتخلخلاتها أيضا دورا مهما إن لم يكن رئيسا في ذلك.

يعتمد نمو الطحالب الخضراء أيضا على الشجرة ذاتها: نوع القشرة، وعمر الشجرة، ونوعها وصحتها. لحاء السنديان أغلظ من لحاء معظم الأشجار، وينمو الطحلب الأخضر عليه أكثر من بقية الأشجار. أشجار البتولا والزان لها قشرة أنعم، ومن غير المحتمل أن تعثر على طحالب خضراء على سيقانها. الأشجار المريضة تتعفن، وبالتالي يكون سطحها أكثر رطوبة من الأشجار السليمة. إذا كانت الشجرة قديمة فيمكنك غالبا أن تجد كومة صغيرة من الأوساخ في قاعدتها بارتفاع أكبر على طرفها الشمالي من طرفها الجنوبي (في نصف الكرة الشمالي). على الرغم من نمو الطحالب الخضراء على القاعدة فإنها تموت في النهاية تاركة الأوساخ لينمو طحلب أخضر أكثر أعلى الكومة.

إذا استطعت النظر إلى الخصائص المتوسطة لعدد من الأشجار التي تنمو عليها الطحالب الخضراء، أو إذا نظرت حواليك إلى موقع شجرة معينة واستطعت تقدير الظروف المحلية الملائمة للنمو، فيمكن أن يعطيك هذا مؤشرا تقريبيا على الاتجاه. يتطلب الأمر بعض الخبرة لاختيار الأشجار الصحيحة، وحساب المعدل في الظروف المحلية.

بحسب خبرتي فإن تحديد الطحالب الخضراء فوق الأشجار مؤشر مفيد لمعرفة الاتجاه، غير أنه معقد ويستغرق بعض الوقت لتعلمه. إذا وضع شخص مبتدئ في غابة، فإنني أشك كثيرا في إمكانية استخدامه هذه الحيلة. غير أن هدفي هنا ليس

إقناعك بأن مقولة «الطحالب الخضراء تنمو على الطرف الشمالي من الأشجار» هي مقولة مفيدة، لكن ربما لتتبع بعض تاريخ هذا الفولكلور الشعبي.

يبـدو أن أول وصف للطحالب الخضراء كمـؤشر على الاتجاه جاء من تقارير في القرن السـابع عشر وأوائل القـرن الثامن عشر في المنطقة التـي تعرف الآن بنورث كاروليـنا. بنيت هذه التقاريـر على اتصالات جرت مع الأمريكيـين المحليين في تلك المنطقـة، الذين اسـتخدموا الطحالب الخضراء لمعرفة الاتجاه عندما تكون السـماء ملبـدة بالغيوم. عهد إلى جون لوسـون رئيـس لجنة الإحصـاء البريطانية في نورث كاروليـنا أن يخبر عن ظروف السـكان المحليين هناك. في كتابـه «رحلة جديدة إلى كارولينا» سـجل وصفا مفصـلا للقبائل في تلك المنطقة. كانـت معظم اتصالاته مع قبيلة توسكارورا، التي استوطنت في ذلك الوقت المناطق الساحلية مما يعرف بنورث كارولينا الآن. تكلم لونسـون عن اسـتخدام التوسـكارورا الطحالب الخضراء كدليل لمعرفـة الاتجاه: «إنهم رحالـة ماهرون، وعلى الرغم من أنهم لا يعرفون اسـتخدام البوصلة الاصطناعية، فإنهم يدركون اتجاه الشـمال تماما إذا تركتهم في برية واسعة. أحـد الدلائل الطحلب الأخضر القصير الذي ينمو على بعض الأشـجار، وعلى الطرف الشمالي منها بالضبط»[1]. تشمل أوصاف أخرى من القرن الثامن عشر لنورث كارولينا إشارات مماثلة لاستخدام الطحالب من قبل الأمريكيين المحليين كمؤشر على الاتجاه:

مع نهاية القرن الثامن عشر وبداية القرن التاسـع عشر وجد وصف اسـتخدام الطحالب الخضراء كمرشد على الاتجاه طريقه إلى الأطروحات حول النباتات:

> مـن الجدير بالملاحظة أن وجـود الفطر والطحالـب الخضراء على الجهة الشـمالية من الأشـجار هو الذي يوجه الهنود والمسافرين خلال الغابات غير المطروقة[2].

روبرت وولش «فيزيولوجيا النبات»، ورقة علمية نشرت في أمريكان كوارترلي 1837.

تظهر نصيحة مماثلة حول الطحالب الخضراء أيضا في الموسوعات وكتب الإرشاد للقراء الصغار والقواميس في تلك الحقبة[3].

قبـل الحـرب الأهلية ظهـرت نشرات ضد الـرق وصفت سـكة الحديد تحت الأرض(*). كتـب مبشرون من الكنيسـة الإنجيلية العديد من هـذه النشرات. عقد

(*) Underground Railroad: أو سـكة الحديـد تحت الأرض يقصد بها الدروب السرية التي اسـتُخدمت إبان الحرب الأهلية الأمريكية لفرار السود من الجنوب إلى الشمال. [المترجم].

البعض مقارنات بين عبيد المزارع والأمريكيين المحليين، مشيرين إلى انتقال هذه الخبرات. «يعرف عبيد المزارع كلهم تقريبا نجم القطب الشمالي، وهم مثل الهنود مراقبون جيدون للطبيعة وتغيرات الطقس المختلفة، وتجبرهم عاداتهم ورغباتهم على مراقبة أشياء قد تكون مفيدة لهم، والتي تمر من دون ملاحظة من الآخرين»، وبالتالي يمكن للهندي أن ينتقل ضمن غابات لا دروب فيها من دون بوصلة، وعندما لا يستطيع رؤية القطب الشمالي يمكنه شق طريقه بمراقبة الطحالب الخضراء على الأشجار، والتي هي دوما على الجانب الشمالي. يتجه قلب العبد مثل إبرة البوصلة المغناطيسية دوما باتجاه الحرية في الشمال، يتعلم اتجاه القطب الشمالي، ويأخذه كدليل له»[4].

يتكلم كتاب آخرون عن هذه المهارة من دون أن يشيروا إلى الأمريكيين المحليين:

> المعارضون للرق في الولايات التي يوجد فيها رق (لأن هناك الكثير منهم، غير أنهم لا يستطيعون الدفاع عن مبادئهم) يعطون العبيد بكل أريحية معلومات حول الاتجاه إلى كندا والولايات الحرة التي عليهم أن يمروا بها ليصلوا إلى هناك، وكذلك أسماء أكثر الأنهار أهمية، وكلها يتذكرها العبد الهارب. بهذه المعلومات فقط، يبدأ العبد رحلته إلى كندا، مستخدما نجم القطب الشمالي دليلا له، وبواسطته يعرف اتجاهه. وعندما تتدخل الغيوم، ويغيب الضوء اللامع لهذا «النجم الجميل» فإن لدى الطبيعة بديلا له، مادة ناعمة وطرية تدعى الطحالب الخضراء تنمو على لحاء الشجرة الأغلظ وعلى الطرف الشمالي منها، وبالتالي فهي تخدم كمرشد لاتجاه الشمال، حتى يظهر الدليل السماوي مرة أخرى[5].

لاحظ بعض الكتاب أن هذه المهارة خاصة بعبيد المزارع، ولا يشاركهم فيها عبيد المنازل، الذين لا يتعرضون للإغراء نفسه، أو ليست لديهم فرصة لمراقبة ظاهرة طبيعية كهذه. بعد الحرب الأهلية غاب معظم النقاش حول استخدام الطحالب الخضراء كدليل على الاتجاه، غير أن الكثير من التقارير أشارت إلى الطحالب كظاهرة سلبية تنمو على الطرف الشمالي من أشجار الفاكهة وأسطح المنازل.

ظهرت فكرة التخييم والرحلة إلى البرية كنزهة أو هواية ببطء في النصف الثاني من القرن التاسع عشر. بدأت الإشارات على إيجاد الاتجاه بواسطة الطحالب الخضراء في الظهور خلال ذلك الوقت. وجهت إحدى الوثائق الأولى حول السفر في

البرية وتدعى «فن الرحلة» لفرانسيس غالتون إلى القراء الأوروبيين، ويعود تاريخها إلى العام 1855. وهنا نجد أول ذكر لاستخدام الطحالب الخضراء في أوروبا «إيجاد الاتجاه بواسطة الطحلب الأخضر- الطحلب الأخضر الذي ينمو بشدة على الطرف الشمالي من شجر التنوب والأشجار الأخرى عند خط عرض أوروبا- يعطي كما هو معروف دليلا يمكن بواسطته تحديد الاتجاه خلال غابة. بالنظر إلى الطحالب الخضراء على الأشجار المحيطة، يمكن ملاحظة وجود طحالب أكثر في اتجاه منها بالاتجاه الآخر، وأن الطحلب الذي يقع على الطرف الشمالي من الأشجار يتجه بالطبع جنوبا بالنسبة إلى المراقب. ومع استئناف السير يرى المرء أشجارا جديدة، ويمكنه تصحيح أي خطأ بسيط في الاتجاه ربما قادته إليه خصوصية بعض الأشجار في المقام الأول»[6]. يشير غالتون بصورة غير مباشرة إلى أن الدليل الطحلبي ليس معصوما من الخطأ، غير أن استخدام عدد من الأشجار يمكن أن يكون موثوقا. هذه المرة الأولى التي تظهر فيها تحذيرات حول استخدام الطحلب الأخضر كدليل على الاتجاه في المراجع.

خلال فترة رئاسة ثيودور روزفلت ازدهر الاهتمام بالرحلات في البراري. كان هوراس كيفارت مؤلفا غزيرا في موضوع خبرات السفر في البرية وظهر الكثير من مقالاته في المجلة الرائجة «آنذاك آوتنغ». في أحد المقالات التي نشرت في العام 1903 تكلم عن استخدام الطحلب الأخضر «كيف نعرف الاتجاه في الغابة وفي البراري؟»:

> هناك مقولة شائعة لدى الحطابين «ينمو الطحلب الأخضر أكثر ما يكون على الطرف الشمالي من الشجرة». هذه القاعدة موثوقة جيدا في أرض منبسطة وممتلئة بالأشجار عند خطوط العرض الشمالية، لكن ليس في المناطق الجبلية، ولا في المستنقعات، ولا في الغابات الرطبة في الجنوب.
>
> ينمو الطحلب الأخضر بشكل أفضل عندما تكون هناك رطوبة دائمة، وهو لا يتحمل أشعة الشمس. وحيث تكون الأرض منبسطة إلى حد ما، وليست على شكل مستنقعات أو عرضة للفيضانات، ولا تختلف الرياح كثيرا في الرطوبة، ينمو الطحلب الأخضر أثخن ما يكون على الطرف الشمالي (الأكثر ظلا) من الشجرة، بينما يتحلى الطرف الجنوبي بأكبر الأغصان وأطولها[7].

هنــا يظهر حذر أكبر في اســتخدام الطحلب الأخضر غير أنــه يؤكد إيجابا على هذه التقنية. اســتمرت شعبية مجلة «آوتنغ» ومنافســتها «فوريست آند ستريم» حتى الحرب العالمية الأولى، عندما انصرف اهتمام الأمة عنهما. على الرغم من ذلك احتوت الكتب الحقلية للضباط والجنود خلال الحرب على نصائح حول العثور على الاتجاه باستخدام الطحالب الخضراء.

عند نهاية الحرب العالمية الأولى نشر ضابط في الجيش الأمريكي دراسة إحصائية عن طحالب على 107 أشجار، واستنتج منها أن الطحالب الخضراء لا تفضل الطرف الشمالي من الأشجار. سجل هذا البحث في العام 1919 في مقال «هل يشير الطحلب الأخضر إلى جهة الشــمال؟»، وردّ محررا «آوتنغ» كاســبار ويتني وألبرت بريت على المقــال بالقول إن الدراســة لم تأخذ بعين الاعتبار الــشروط الواضحة التي تمنع نمو الطحالب، ولا الخبرة بالأشجار التي يمكن لرجل ملم بالبراري فقط أن يمتلكها:

> هذه هي الأشــياء التي سيتجاهلها خبير الأشــجار بالكامل في محاولة الحصول على دليل على الاتجاه من الطحلب الأخضر على الأشجار.
>
> بدلا من ذلك فإنه ســيختار الأشــجار القديمة المســتقيمة ذات اللحاء الناعم نســبيا، لأنــه يعلم أنه قد يكون هناك في مثــل هذه الحالات وضع متســاو للرطوبــة في الاتجاهات كلها، وأن الرطوبة ســتتبخر بأقل ما يمكن من جهة الشــمال والشمال الشرقي من الشــجرة، وبالتالي سينمو الطحلب الأخضر في تلك الجهة.
>
> ســيتوقع خبير الأشــجار أن يجــد مثل هذا الاختــلاف أكبر على طرف الغابات الكثيفة بدلا من وســطها المظلل بكثافة. ســيعطي اهتماما خاصا لدليل الأشــجار المنعزلة بما يكفي للحصول على ضوء الشمس خلال النهار. أما تلك الموجودة في ظل جرف عال أو جبال شــاهقة بحيث تلتقط أشــعة الشمس في الصباح أو بعد الظهر فقط فستستثنى من الاختبار.
>
> مثل هذا الخبير بالأشجار لن يأخذ بعين الاعتبار أنواع الأشجار وأحوالها كلها. من مائة شــجرة فإنه ســيختبر عشرا منها فقط، لكنها ستكون موضع ثقة أكبر لهدفه من الأشجار التسعين المجاورة. هذه هي الخبرة بالأشجار[8].

ضعُــف الحماس للأنشــطة في الطبيعة خــلال عشرينيــات وثلاثينيات القرن الماضي، غير أن العديد من كتب الكشافة الشباب في تلك الحقبة استمرت في إسداء

النصح حول اســتخدام الطحالب الخـضراء مع توخي بعض الحذر. أصبح التعليق العام على هذه التقنية أكثر انتقادا خلال القرن العشرين. بحلول الستينيات صرف النظر عنها نهائيا تقريبا. في نشرة كشافة العام 1968 بعنوان حياة الصبي أعطيت هــذه النصيحة: يقال إن الطحالــب الخضراء تنمو على الطرف الشــمالي لجذوع الأشجار. هذا صحيح غير أنها تنمو على الأطراف الأخرى أيضا، ولا يمكنك الاعتماد على هذا الدليل»[9].

أخيرا جاءت الضربة القاضية من مجلة «غاردن» في العام 1979: «بالنســبة إلى المتجولين الحقيقيين من دون الاســتعانة بالبوصلة هناك القاعدة التجريبية القديمة: تنمو الطحالب الخضراء على الطرف الشمالي من الشجرة. لكن لسوء حظ المتجولين فــإن هذه القاعــدة خاطئة على نحويــن»[10]. لم يكتف هؤلاء المؤلفون بتســجيل تحذيــرات مشــابهة لتلك في مقالات مجلــة «آوتنغ»، بل ادعوا أيضــا أن المتجولين سيخلطون بين الطحالب والأشنيات والطحالب الخضراء.

مــن المفارقة الطريفة أنه بينما كانت قصة الطحالب الخضراء التقليدية تضمحل ببطء في القرن العشرين، كانت هناك أسطورة أخرى حول الطحالب الخضراء تظهر في الوقت ذاته. هارييت توبمان. هربت هذه الفتاة من العبودية في مقاطعة بروداس في ماريلاند في العام 1849 لتجد ملاذا آمنا في فيلادلفيا. أصبحت توبمان بعد ذلك مرشدة شهيرة على ســكة الحديد تحت الأرض التي ساعدت العبيد الهاربين في الحصول على الحرية. في العام 1943 نشر إيرل كونراد ســيرة ذاتية لتوبمان حيث نجد فيها الإشــارة الأولى إلى استخدامها الطحالب الخضراء: «إضافة إلى المتطلبات الأساسية للانتقال على الطرقات، كالتســلح بمسدس أو أي ســلاح ناري آخر، والحصول على أموال، والمعرفة بالطريق نحو الشــمال، كان هناك عدد لا يحصى من الحيل للســفر وكانت هارييت ملمة بمعظمها. المعرفة الأكثر أساســية بالطبع هــي القدرة على تحديد نجم القطب الشمالي لأن السفر كله كان يحدث أثناء الليل، واعتمد على هذا النجم بشكل رئيس. عرف معظم المرشدين حيلة التفتيش عن الطحالب الخضراء على الطرف الشمالي من الأشجار، وبهذه الطريقة استطاعوا تحديد الاتجاه صوب الشمال»[11].

سجل كونراد معرفة استخدام الطحلب الأخضر كمهارة عامة استخدمها مرشدو العبيد الفارين، والتي عكســت ملاحظة المبشريــن البريطانيين قبل الحرب الأهلية

الأمريكيــة. بحلول الســبعينيات عزيت هذه المهارة مبــاشرة إلى تروبمان. في كتاب: «تسع نساء: صورة من التقاليد الثورية الأمريكية»، كتبت جوديث نايز عن تروبمان: «كانت لديها وســيلتان فقط لتحديــد الاتجاه: اتباع نجم القطب الشــمالي عندما تكون السماء صافية، وتحسس الطحلب الأخضر الذي ينمو على الطرف الشمالي من جذوع الأشجار عندما تكون السماء غائمة»[12].

الناحيــة الأكثر أهميــة في هذا الاقتبــاس هي ظهور اســتخدام لمس الطحالب الخضراء على الأشــجار لتحديد جهة الشــمال، والتي ظهــرت، على حد علمي، لأول مرة في الأدبيات حول توبرمان. ظهرت قصص أســطورية حول حياة توبرمان تقريبا في ذلــك الوقت، ضخمت كثيرا من اســتخدامها للطحالب الخضراء حتى بدت كأنها حكمة مقبولة عموما.

الآن لا أقصــد أن أثــير الشــكوك حول اســتخدام هارييت توبرمــان الطحالب الخضراء أســفل الأشجار، أو حتى لمســها لإيجاد طريقها شمالا. ربما كانت مؤسسة على تقارير ما قبل الحرب للمبشرين البريطانيين. ببســاطة، لا نملك دليلا قويا على أنها اســتخدمت هذه التقنية. الملاحظة الرئيسة هي أن أسطورة استخدام توبرمان للطحالب الخضراء شاعت في نوع من الأدبيات هو «الدراسات النسائية»، بينما كان استخدامها ينحسر في نوع آخر وهو «الرحلات في البرية».

اتجاه الكنيسة

قــد تبدو فكرة الملاحــة في المدن للوهلة الأولى غريبــة. فبعد كل شيء يمكنك الاستفسار عن الاتجاه إذا تهت في مدينة. غير أن الناس كثيرا ما يضيعون في مناطق مأهولــة غير معروفة لديهم. هناك عادة دلائل محلية يمكنها مســاعدة الشــخص التائه في إعادة توجهه في مدينة أو بلدة. في مناطق عدة من العالم يمكن اســتخدام تموضع الهياكل الدينية كوســيلة مســاعدة لمعرفة الاتجــاه. لا تعمل التموضعات كدلائــل لمعرفــة الاتجاه بصــورة تقريبية فقط، بــل يمكن أن توضــح أيضا حاجة الإنسان العميقة إلى التواصل مع العالم من خلال الأبنية. يُبنى العديد من المساجد والكنائس والمعابد باتجاه معين. ســأركز هنا على تقليد من شــمال أوروبا لا تعرف أصوله بشكل كامل.

ارتبطــت أقــدم توجهات الأبنيــة في أوروبا الشــمالية بثقافــة العصر الحجري الحديــث منذ 2000 إلى 4000 عام قبل الميلاد. تظهر العديد من المدافن والترتيبات الحجرية تموضعات فلكية ربما كانت جزءا من الطقوس. تحتوي القبور، على شــكل غــرف بتلك الحقبة، على فتحات تشــير إلى شروق الشــمس وغروبها عند الانقلاب الشــتوي[13]. ليســت هذه الاتجاهات دقيقة جدا بحيث يمكن تســميتها «مراصد فلكية قديمة»، بل إنها مع ذلك تشــير إلى وعي القدماء بالســماء. يعتبر ستون هنج (Stonehenge) أشــهر هذه الهياكل. تغير التفســير الحديث لتموضع ستون هنج عدة مرات خلال العقود الماضية حسب المكتشفات الأثرية الجديدة. التفسير الحالي هــو أن صخرة «خلفية» منعزلة في مجموعة ســتون هنج إلى الشــمال الشرقي من مركزه هي جزء من بنية أكثر تعقيدا تشــير إلى شروق الشــمس، وإلى نهايات مدار القمر عند الانقلاب الصيفي.

ليــس من الضروري أن يكون للتقاليد «معنى» يســتقيم مع الإدراك الســليم. يمكن أن تتم هذه التقاليد ببساطة لأن شخصا ما قبلنا فعل الشيء ذاته، وكان يقلد شخصا آخر قبله من دون أن يعرف السبب. هناك شعور بأن محاكاة طقس ما ربما تعيد إحياء ســحر قديم غامض. يأتي أحد الأمثلة على هذا من عادة الساكســون في تقليــد إجراءات الدفن لأناس من العصر الحجــري الحديث[14]. عند نهاية الملحمة الساكســونية بيولــف (Beowulf)، يجد رجل معدم كنــزا في مقبرة لحضارة قديمة، ويسرقه. يثور تنين يحرس القبر بســبب هذه السرقة، ويبدأ في حرق القرى المحلية. وعندما يدخــل بيولف القبر ليذبح التنين يجرح جرحا مميتا، ويحرق أهله جثمانه، ويشيدون مقبرة فاخرة ممتلئة بالكنوز، مقلدين في ذلك الحضارة المفقودة.

كــما في الأســطورة، دفن الساكســون القدماء في إنجلترا موتاهــم ضمن أكوام، مقلدين بذلك إجراءات العصور الحجرية الحديثة. ربما لن نعلم أبدا نوايا الناس في العصر الحجري الحديث الذين بنوا الحلقات الصخرية وأكوام المقابر، لأن التسلسل التاريخــي منذ ذلك الوقت قد انقطع، ولم يتبق لنا ســوى البقايا الأثرية والتخمين. على الرغم من ذلك فإن لهذه البقايا تأثيرا لا يمكن إنكاره على الخيال البشري.

في أوروبا الشمالية وجهت الكنائس ومقابرها في العصور الوسطى باتجاه شرق-غرب. لاتزال أصول هذا التقليد غامضة، بيد أنه يبدو أنها تنحدر من طقوس التوجه

في الصلاة نحو الشرق للمسيحيين الأوائل. يأتي أحد أقدم التصريحات عن هذا الإجراء من الكاتب المسيحي تيرتوليان نحو العام 200 م: «عندما نقف للصلاة، نتجه نحو الشرق»[15]. حاول كُتاب لاحقون تبرير هذا التقليد من فقرات في الإنجيل، بما في ذلك موقع جنة عدن في الشرق كما في سفر التكوين «8:2». في الإنجيل أيضا ربط المسيح على أنه «نور العالم» الآتي مع شروق الشمس. وعلى الرغم من ذلك لا يمكن تتبع أصل هذا التقليد وإرجاعه إلى عبارة أو مرجع وحيد.

لو كان المسيحيون يصلون تقليديا باتجاه الشرق كما اقترح تيرتوليان، لكان تموضع الكنيسة نتيجة طبيعية لذلك. غير أنه لا يبدو أن هذه هي الحال بالنسبة إلى أقدم الكنائس المعروفة التي بني الكثير منها على أنقاض معابد رومانية قديمة. بيد أنه في أوروبا الشمالية أوائل القرون الوسطى برز التوجه نحو الشرق كتقليد، واستمر حتى عصر الإصلاح الديني وفيما بعد ذلك. اتجه فناء الكنيسة في تلك الحقبة من الغرب إلى الشرق تقريبا، منتهيا بالمذبح في جهة الشرق. وامتدت كذلك مقبرة الكنيسة من الشرق إلى الغرب، ووضعت الجثامين بحيث اتجهت الأرجل إلى الشرق. لم تكن هذه التموضعات (alignmenhs) تامة تماما أو شاملة. ففي كثير من الأحيان أجبرت الجغرافيا المحلية كالهضاب والطرقات على اتخاذ أوضاع أخرى، غير أنه يبدو أن هذا التقليد مازال شائعا.

هل يمكن الثقة بهذه التموضعات كدلائل تساعد على معرفة الاتجاه؟ كما بالنسبة إلى الطحالب الخضراء على الأشجار فإنها تقريبية فقط، وربما كانت تفسيرات التغيير من اتجاه غرب- شرق حقيقي هي الأغرب. بافتراض أن التوجه نحو الشرق للكنائس كان شائعا منذ القرن الثامن، علينا أن نسأل « كيف حدد معماريو القرون الوسطى وبناؤوها جهة الشرق أثناء بناء الكنائس؟»، من دون البوصلة كانت الطريقة الوحيدة المتاحة لمعرفة الاتجاه هي الشمس. في أوروبا الشمالية يعتمد اتجاه الشمس عند الشروق على الوقت من السنة. على خط عرض ستون هنج 51 درجة شمالا، تشرق الشمس بنحو 40 درجة شمال- شرق عند الانقلاب الصيفي و40 درجة جنوب- شرق عند الانقلاب الشتوي. هذا مجال واسع. عند الاعتدال الربيعي والاعتدال الخريفي تشرق الشمس من جهة الشرق الحقيقي. إذا قرر المعماري إنشاء اتجاه شرق- غرب حقيقي، فسيكون موقع الشمس المشرقة عند أحد الاعتدالين هو الحل الأفضل.

دعنا نفترض أن بناة الكنائس أنشأوا اتجاهاتهم بناء على اتجاه شروق الشمس في أيام عشوائية. كيف سيكون توزع الكنائس؟ يبدو أن اتجاه الشمس المشرقة سيكون ثابتا عند الانقلابين، وسيتحرك بسرعة أكبر خلال الاعتدالين. إذا اختار البناؤون أياما بشكل عشوائي لتحديد اتجاهاتهم فيجب أن يفضلوا اتجاه شروق الشمس خلال الانقلاب، والذي لا يرى عادة.

في إحصاء جرى لعشرين كنيسة ساكسونية وعشرين كنيسة نورماندية بنيت في العصور الوسطى، كان متوسط التوجه متسقا مع الشرق الحقيقي حيث وقع 70 في المائة من الكنائس تقريبا ضمن 14 درجة من الشرق[16]. يُظهر هذا التوزيع تصميما من البنائين في التوجه نحو الشرق الحقيقي، كمقابل للاتجاه حسب شروق الشمس في أيام عشوائية.

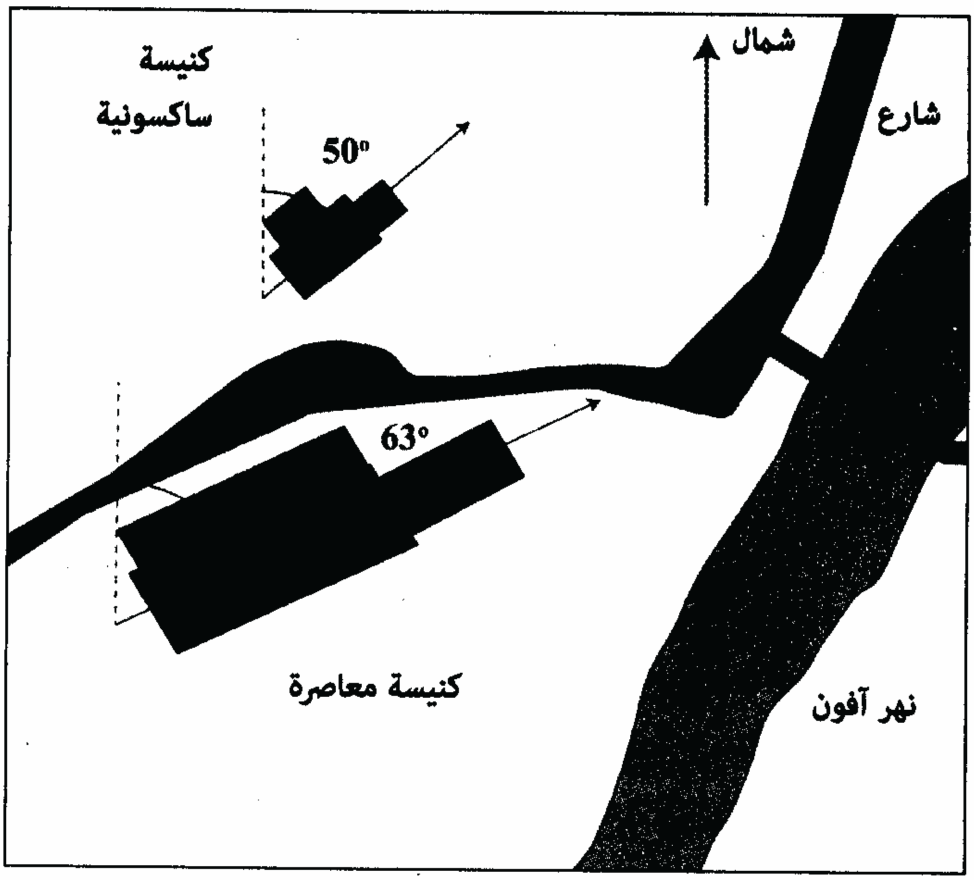
قُدمت فكرة أخرى حول توجيه الكنائس تتمثل في تقليد لتسمية الكنائس بأسماء القديسين. في هذا النظام يوجه المذبح باتجاه شروق الشمس يوم عيد القديس. تظهر قراءة سريعة لأعياد القديسين أن هذه الأيام تتوزع عشوائيا على مدار السنة. لو استخدمت مواعيد التقديس لبناء الكنائس، لكانت توجهاتها تميل إلى تفضيل اتجاه الانقلابين، وهذا ما لا تؤيده الوقائع مرة أخرى. عامل أكثر وضوحا في تحديد وجهة الكنيسة هو المكان نفسه: القوى المحلية يمكن أن تقرر احتمالات البناء المختلفة وهي تقوم بذلك.وكالطحالب الخضراء فإن توجيه الكنائس عملية احتمال وتخمين. في الشكل(29) أبين خارطة لكنيستين في مدينة برادفورد أون آفون غرب إنجلترا. كنيسة القديس لورانس هي واحدة من الكنائس الساكسونية القليلة السليمة المتبقية، أما كنيسة القديس لورانس المقابلة عبر الشارع فهي كنيسة معاصرة. وجهة الكنيسة الساكسونية بحدود 40 أو 50 درجة شمال الشرق الحقيقي. زاوية السمت (azimuth) للكنيسة المعاصرة هي بحدود 63 درجة، وأقرب قليلا إلى الشرق الحقيقي. نعلم القليل عن الكنيسة الساكسونية حيث تقترح الدلائل المكتوبة أن تاريخ البناء هو العام 705م، بينما تشير خصائص التصميم إلى تاريخ في حدود 1000م. بكنيستين ومبررات مضاعفة لطرق توجيه الكنائس، ما الذي يمكننا استنتاجه؟ من معايير توجيه الكنيسة الساكسونية، فإن كنيسة القديس لورانس تشذ عن القاعدة: عدة نقاط أبعد للشمال. يمكننا تحليل بعض الاحتمالات:

1 - الانقلاب الصيفي: زاوية السـمت للشـمس المشرقة عند الانقلاب عند خط العرض هذا هي 50 درجة، وهذا يتطابق جيدا مع توجيه كنيسة القديس لورانس. المشكلة الوحيدة بالنسبة إلى هذه النظرية هي وجود هضبة شديدة الانحدار شرق الكنيسة، ما يجعل من المستحيل مراقبة الشمس على الأفق مباشرة.

2 - عيـد القديـس: اليوم المرتبـط بالقديس لورانس هو 10 أغسـطس. زاوية السمت للشمس المشرقة في ذلك التاريخ عند خط العرض هذا هي 63 درجة، وهذا يتطابق جيدا مع اتجاه الكنيسة المعاصرة.

3 - الاتجاه إلى الشرق: كلتا الكنيستين وجهتا نحو الشرق تقريبا، غير أن الانحراف الكبير عن الشرق الحقيقي غير شائع.

4 - الظـروف المحلية: يمر نهر آفون عبر واد عميق يمر بالبلدة. تحاذي الهضاب والطرقات المحلية هذا النهر، لذا ربما كان هذا أحد العوامل المتحكمة في البناء.



الشكل(29): توجه كنيسة ساكسونية (700م) وكنيسة معاصرة في برادفورد أون آفون في إنجلترا، يظهر توجها تقريبيا فقط باتجاه شرق - غرب.

في رأيي، أن الكنيستين في برادفورد أون آفون وجهتا نحو الشرق تقريبا، غير أن العوامل المحلية أدت دورا مهما (الخيار الرابع في القائمة السابقة).

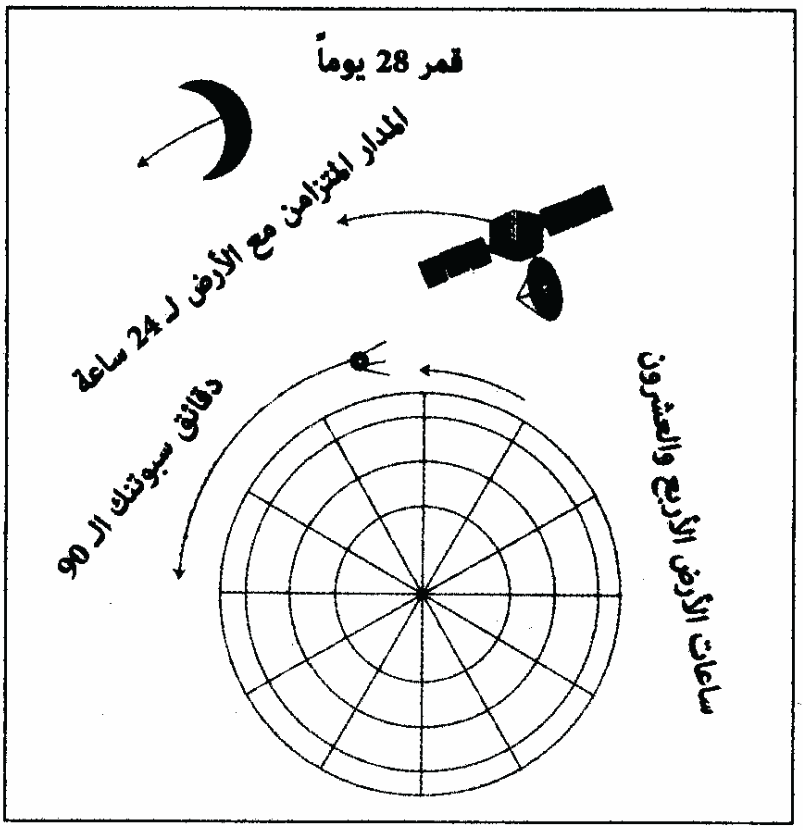
تقع كاتدرائية سالزباري على بعد أميال قليلة فقط جنوب ستون هنج. تقف منذ إنهاء بنائها في العام 1258 كمثال رائع على فن العمارة القوطية. تقع بلدة سالزباري على سهل منبسط، لذا ليست هناك عوائق فيزيائية كبيرة للبناء تجبر على اتخاذ وجهة معينة. وجه صحن الكنيسة بدقة مدهشة أفضل من 1 درجة نحو الشرق الحقيقي. هذا التوجه دقيق جدا بحيث يمكنك تعيير بوصلتك المغناطيسية به.

تظهر كنيسة سالزباري تصميما مقصودا من قبل بُناتها. على الرغم من مساعدة الأرض المنبسطة حولها لهم في ذلك، غير أنه من الواضح الجهد الكبير الذي بذله البناؤون لتحقيق هذه الدقة في التوجيه. بما أن البوصلة المغناطيسية لم تكن مستخدمة كثيرا في أوروبا عندما بدأ بناؤوها في بنائها فمن المحتمل أنهم استخدموا الشمس. هذا التقليد في توجيه الكنائس نحو الشرق مقصور على أوروبا الشمالية فقط، وبخاصة خلال العصور الوسطى. لا تظهر الكنائس على الطرف المقابل من السلاسل الجبلية في إيطاليا وإسبانيا مثل هذا القصد في توجيه الكنائس. هناك ميل متواضع إلى توجيه الكنائس نحو الشرق في بعض كنائس أمريكا الشمالية التي بنيت في القرن الثامن عشر وأوائل القرن التاسع عشر، غير أنه يبدو أن هذا الميل قد انحسر، وتميل الظروف المحلية إلى تحديد الاتجاه.

أطباق استقبال التلفزة

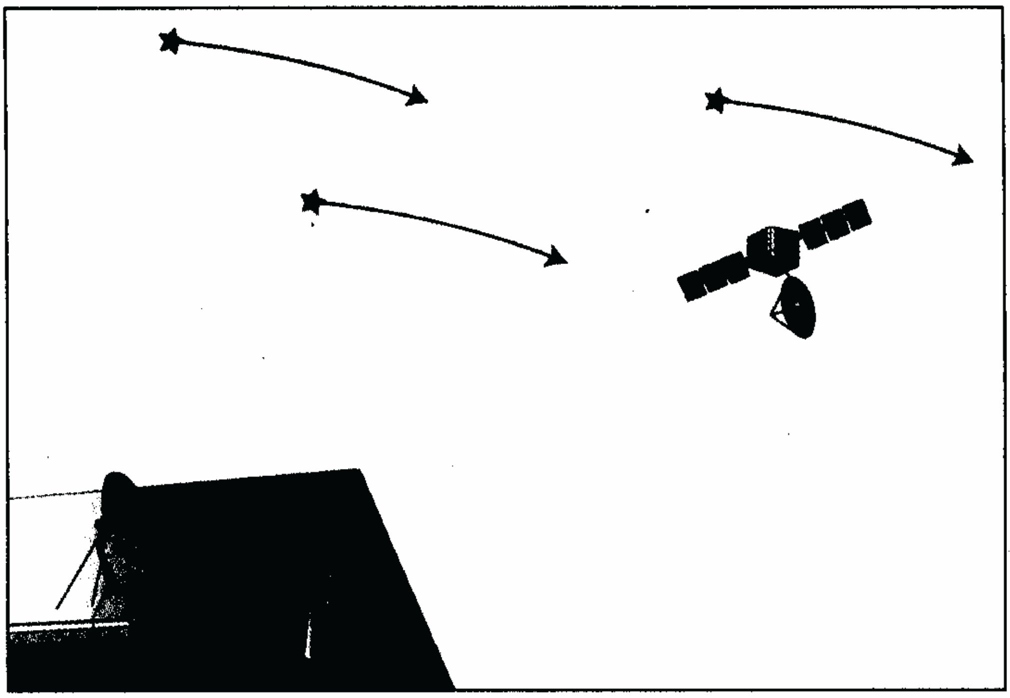
بدأ استقبال التلفاز من الأقمار الاصطناعية بكلفة معقولة أواخر القرن العشرين. أحد العوامل الرئيسة كان تطوير أطباق صغيرة ثابتة رخيصة الثمن. تدور الأقمار الاصطناعية الأولى التي أرسلت إلى الفضاء في مدارات تلف الأرض في 90 دقيقة. لتتبع هذه الأقمار، زودت أطباق غالية الثمن بمحركات تسمح لها بتتبع حركة الأقمار وهي تمر في السماء فوقها. على الرغم من أن مشغلي الراديو الهواة يمكنهم التقاط الإشارات من مثل هذه الأقمار كما فعلوا مع قمر سبوتنيك، غير أن هذا ليس نظاما قادرا على نقل إشارات التلفاز إلى المنازل بشكل موثوق.

يستغل النظام الحديث خصيصة مهمة لنظرية نيوتن في الجاذبية: كلما ابتعد المدار عن سطح الأرض طالت فترة الدوران فيه. بينما استغرق سبوتنيك 90 دقيقة للدوران حول الأرض، يستغرق القمر على بعد أكبر بكثير ثمانية وعشرين يوما. في موقع ما بين مدار سبوتنيك ومدار القمر الطبيعي هناك بقعة جيدة يمكن لقمر اصطناعي أن يدور فيها حول الأرض في 24 ساعة تماما، وهي فترة اليوم الواحد. هذا المدار يدعى «المدار المتزامن مع الأرض» (geosynchronous orbit) ويسمى أيضا «مدارا ثابتا بالنسبة إلى الأرض» (geostationary orbit). يبدو أي قمر اصطناعي يوضع في هذا المدار كأنه يتأرجح في نقطة واحدة فوق خط الاستواء (الشكل 30). من وجهة نظر شخص يقف على الأرض تتبع النجوم والشمس أقواسا في السماء مرة واحدة في اليوم، بينما يظهر القمر الاصطناعي المتزامن في المكان نفسه في السماء دوما (الشكل 31).



الشكل (30): مبدأ القمر الاصطناعي المتزامن مع الأرض. الزمن الذي يستغرقه القمر الاصطناعي ليكمل مداره هو 24 ساعة تماما، وهو طول اليوم نفسه. يحلق كل قمر اصطناعي فوق موقع واحد أعلى خط الاستواء.

على صاحب المنزل أن ينصب طبق استقبال التلفاز، بحيث يواجه القمر الصناعي المرسل. الشيء الجيد بالنسبة لهذه التقنية هي أن الطبق لا يتطلب أي تعديل بعد تركيبه لأول مرة. ما لم يعدل، فإن الطبق يتجه دوما باتجاه موقع القمر الصناعي المرسل في السماء. يقترح معظم مزودي خدمات التلفاز استخدام خبير لتركيب الطبق، لكن هذا ليس بالعمل الصعب بالنسبة إلى شخص يعرف شيئا حول الفلك. الفكرة الرئيسة هي العثور على الموقع في السماء الذي يوجد فيه القمر الاصطناعي. لحسن الحظ هناك مواقع على الإنترنت تسمح لصاحب المنزل بأن يحدد موقع القمر الاصطناعي المزود وخطي الطول والعرض. وسيقوم الموقع بالحسابات التي تخبره باتجاه البوصلة والزاوية التي عليه أن يستخدمها فوق الأفق لتوجيه الطبق.



الشكل (31): الأقمار المتزامنة مع الأرض كما تبدو بالنسبة إلى مراقب على الأرض. أطباق التلفاز فوق المنازل موجهة نحو القمر الاصطناعي المزود للخدمة. يبدو القمر الاصطناعي وهو يحلق في موقع واحد في السماء، على النقيض من النجوم التي تتحرك.

كما بالنسبة إلى الكنائس من النادر أن يضيع شخص حقا إذا كان قرب طبق قمر اصطناعي. من جهة أخرى، لو فقد شخص ما اتجاهه في مكان مهجور غريب في يوم غائم يمكن للأطباق أن تساعده في تحديد الاتجاه مرة أخرى. يستخدم مزودون مختلفون أقمارا مختلفة، لذا عليك أن تعرف موقع قمر مزودك الخاص. كيف يؤثر هذا في الملاحة داخل المدن؟ إنها مسألة هندسة عكسية[*]. إذا رأيت طبق تلفاز وعرفت مزود الخدمة من العلامة المطبوعة على الطبق، فإنه يمكنك معرفة اتجاه القمر الاصطناعي، واستخدامه لتحديد اتجاهك.

أصبح استخدام أطباق الأقمار الاصطناعية كمنارات للإرشاد في المدن يظهر على الإنترنت أوائل العقد الأول من القرن الحادي والعشرين وانتشر بالطريقة نفسها التي اشتهرت بها طريقة استخدام الطحالب الخضراء في القرن الثامن عشر. هنا أحد الأمثلة: «يكتب جون: اكتشفت تقنية جديدة للملاحة في المدن، لو حدث أنك كنت غير متأكد من الوجهة التي تسير فيها، ألق نظرة على أطباق التلفاز. إنها تتجه دوما إلى الجنوب الغربي. إنها تشبه الطحلب الأخضر الذي ينمو على الطرف الشمالي من الأشجار! هل يتم هذا في المناطق الشمالية الشرقية من أمريكا الشمالية فقط؟»[17].

في الإجابة عن سؤال جون: يعمل هذا فقط في الشمال الشرقي من أمريكا الشمالية إذا كنت تستخدم تلفاز دايريكت (Directv) كمزود لخدمة تلفازك. هناك مئات الأقمار الاصطناعية المتزامنة مع الأرض في الفضاء الخارجي، والعديد منها معطل. في الشمال الشرقي من الولايات المتحدة يدعى الطبق الرئيس لتلفاز دايريكت «تلفاز دايريكت 6»، وهو يدور فوق خط طول 110 درجات إلى الغرب. إذا فكرت في عمود مرتفع في السماء، فإن هذا القمر يتصل برقعة في المحيط الهادئ على بعد بضعة آلاف الأميال من شاطئ البيرو وهو على خط زوال يمتد شمالا خلال جبال روكي.

في بوسطن على خط طول 71 فإن الطبق الموجه نحو قمر تلفاز دايريكت يجب أن يوجه على بوصلة تتجه 219 درجة، أو نحو الجنوب الغربي. تحتاج الأطباق في أنحاء أخرى من العالم إلى توجيهات مختلفة لتأخذ بعين الاعتبار مواقع مختلفة

(*) Reverse Engineering: هي إعادة صناعة منتج ما أنتجه مُصنِّع آخر، بناء على دراسة مفصلة لأجزائه وكيفية عملها. [المحرر].

وأقــمارا مختلفة. مثل الطحلب الأخضر والكنائــس، يتطلب الأمر معرفة متخصصة لاســتخدام الأطباق كوسيلة للملاحة. مشت مجموعة من طلابي في بوسطن ومعهم بوصلة، وقاســوا توجه مجموعة مؤلفة من نحو 20 طبقا لإرســال من مزود واحد، ووجدوا أن متوسط توجيه أطباق تلفاز دايريكت المحلية كان 219 درجة، واتفقت قياساتهم مع دقة البوصلة، لذا فالنظام يعمل!

لنقل إنك على وشــك السفر إلى مدينة لا تعرفها وأردت استخدام أطباق التلفاز لتحديد الاتجاه. من الســهل معرفة مزودي خدمة التلفاز على الإنترنت، ثم يمكنك اســتخدام حاســبات الإنترنت لتحســب لك اتجاه الأطباق العامــة[18]. لنأخذ الدار البيضاء في المغرب على سبيل المثال، إنها تقع على خط عرض 34 درجة شمالا، وعلى خط طول 7.6 درجة غربا. القمر الاصطناعي المحتمل المستخدم بكثرة هناك يدعى نايل ســايت 101 والذي يحوم فوق خط الاســتواء على خط طول 7 درجات غربا. إنه يحمل قنوات مثل أفلام فوكس الشرق الأوسط، قناة الجزيرة، وبي. إن. سبورتس الرياضية، وال. إم. تي. بالعربية. يجب أن يوجه الطبق نحو هذا المزود الشائع هناك جنوبا، وبزاوية ارتفاع قدرها 51 درجة.

هناك مزود شــائع آخر محمول على القمر الاصطناعي هو هوت بيرد 8، يحوم فوق خط الاستواء على خط طول 13 درجة شرقا. فالطبق الموجه نحو هوت بيرد في الدار البيضاء يجب أن يوجه 34 درجة إلى الجنوب الشرقي. إذا ضِعت وأنت تتجول في المدينــة فإن تفحص أطباق التلفاز العديدة مــع معرفة مزودي البث التلفزيوني الشائعين هناك يمكن أن يساعداك في تحديد موقعك.

تعطــي مصادر تحديد الاتجاه هــذه كلها - الطحلب الأخــضر وأطباق التلفاز والكنائــس- اتجاهات تقريبيــة فقط، غير أنه يمكن اســتخدامها مع بعض المعرفة والمهارة. بالنســبة إلى أطباق التلفاز أتســاءل كثيرا: ما الذي ســيعتقده عالم آثار في المســتقبل البعيد حول هــذه الأطباق المضحكــة التي تتجه إلى البقعة نفســها في الســماء؟ هل ســينظر إليها على أنها نوع من عبادة كائن مقــدس وثني بالطريقة ذاتها التي نتساءل بها عن دوافع بُناة الستون هنج؟ ربما.

6

خرائط وبوصلات

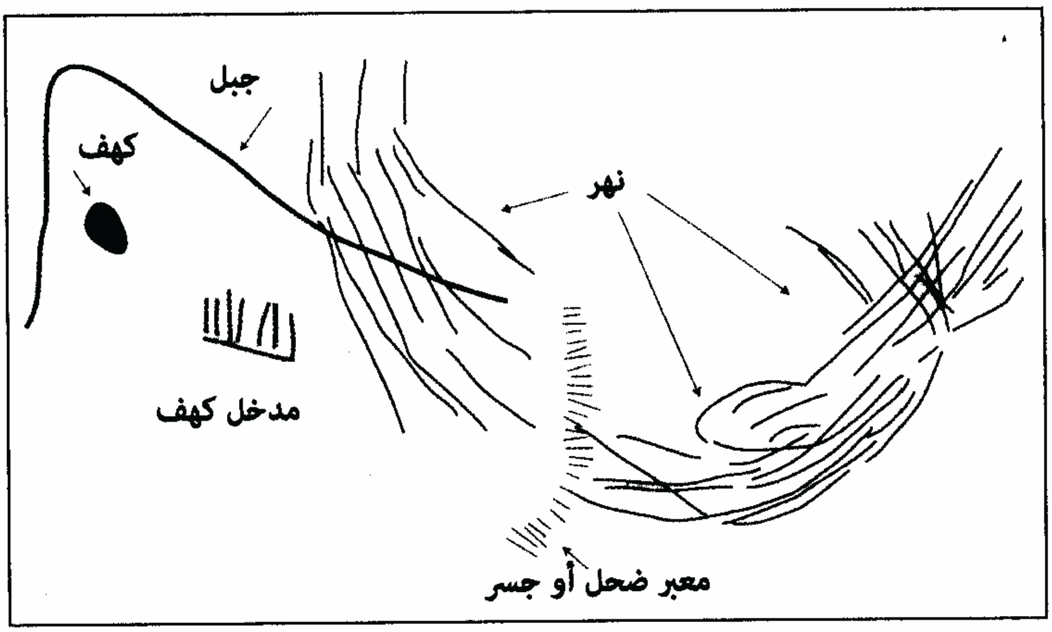
ربمـا تَذكـر أنني وصفـت في الفصل الثاني الفـرق بين معرفـة الطريق ومعرفـة المنطقة. معرفـة الطريـق أحاديـة البعد بشـكل عام، إذ إنها تصـف الممرات والاتصـالات بينها. أما معرفـة المنطقة فهي ثنائية الأبعاد، إذ تسـمح بالتعـرف على طـرق مختصرة، وفهـم العلاقة الفيزيائيـة بين العديد من العلامـات الفارقة. يبـدو أن الثدييات بمن فيها البشر لديها معرفة بالمنطقة حين تحصـل على فرصةٍ للتعرف على البيئة المحيطة بها.

كيف تُوصِّل معرفة المسح بالمنطقة؟ يمكننا التحدث حـول خصائص جغرافيـة والعلاقات فيما بينها، لكن هذا يميل إلى نقل صورة الطرق فقـط، أي لو وصف أحـد منطقة لـك، فربما يقول: «توجه يسـارا عند تشـعب الطريق، ثم امضِ مسـافة 3 أميال، وسـتصل إلى نبع ماء». لـن تحصـل مـن هـذا الوصف عـلى معرفة بالاختصارات أو كيف تتعلق العلامات الفارقة

«ظهـرت أولى الخرائـط المعروفة منحوتـةً عـلى صخـور جـدران الكهوف»

بعضهــا ببعض. من ناحية أخرى لــو أعطيت تمثيلا مصورا للمنطقة - بعبارة أخرى خارطة - فإنها ستقدم بنظرة واحدة كمية كبيرة من المعلومات تستغرق وقتا طويلا للتعبــير عنها بالكلــمات. لا يمكن للغة أن تنقل باختصار نــوع المعلومات الثنائية الأبعاد التي يمكن الحصول عليها بسهولة من الخرائط.

ظهرت أولى الخرائط المعروفة منحوتةً على صخور جدران الكهوف. تعود بعض التواريخ إلى 12 ألف عام ق.م تقريبا، وتظهر ملامح من تضاريس المنطقة ونباتاتها وجبالهــا وأنهارهــا وحقولها وحيواناتها. سُــجِّلت أقدم خارطــة معروفة في أوروبا الغربية (الشكل 32) أخيرا من عمل التنقيب عن الآثار الذي قادته بيلار أوريلا من جامعة زاراكوزا في إســبانيا. قضت مجموعتها خمس عشرة سنة في تفسير مجموعة من النقوش على الصخر وجدت في كهف في شمال إسبانيا. يعود تاريخ هذه الرسوم إلى نحــو 12 ألف عام ق.م وتظهر ملامــح جغرافية محفورة في الصخر، بما في ذلك نهر وجبال ومدخل كهف وممرات[1].



الشكل (32): ملامح لنقوش جغرافية وُجدت في خارطة من العصر الحجري القديم وتفسيراتها المحتملة بناء على تنقيبات عثر عليها باحثون في جامعة زاراكوزا في إسبانيا. العمر المقدر 13660 عاما.

تظهر بعض النقوش الصخرية مصفوفة من النقاط التي تبدو كأنها تمثل مجموعة من النجوم في السماء. ويظهر بعضها الآخر نماذج لأكواخ أو ترتيبات لبيوت.

عندمـا ننظـر إلى خارطـة حديثة نتوقـع وجـود خاصتين رئيسـتين: الاتجاه (orientation) والمقيـاس (scale). الخارطـة عبارة عن تمثيـل مصغر لمنطقة ما. يجب أن تحتوي الخصائص المبينة على خارطة دقيقة المسـافات المتناسـبة نفسها الموجودة في المنطقة الممسوحة. مقياس الخارطة هو عامل التحويل اللازم لحساب المسـافات الحقيقية بين الخصائص المبينة على الخارطة من مسافاتها النسبية. لذا على سـبيل المثال، في خارطة بمقياس 1 إنش لكل ميل فإن خاصتين على بعد نصف إنش على الخارطة تبعد كل منهما عن الأخرى في الواقع مسافة نصف ميل.

الاتجاه على الخارطة مسـألة اصطلاح، لا نعيرها اليوم أي اهتمام إذ نفترض أن «الأعلى» في الخارطة هو الشمال، وأن المواقع على اليسار هي الغرب، وعلى اليمين هي الشرق. هذا هو التصور الذي نحصل عليه حين ننظر إلى مشهد على الخارطة، بحيث تكون رؤوسنا متجهةً صوب الشمال. لم يكن هذا هو المتبع دوما في السابق.

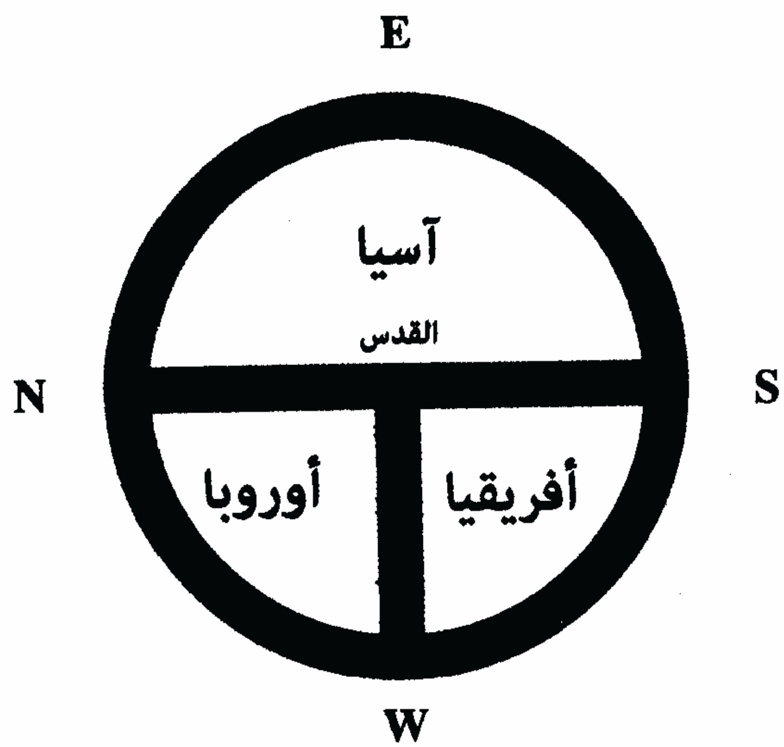
أحـد أقدم الأمثلة على خارطة تظهر اتجاهـات عامة هو لوح فخاري وُجد في نـوزي (Yorgan Tepe) في العـراق. يعود تاريخه إلى العـام 2300 ق.م، ويصف منطقة محدودة بسلسـلتين من التلال، ورقعة مـن الأرض تعود ملكيتها إلى رجل يُدعى أزالا. وُجِّهت الخارطة كي تكون جهة الشرق في الأعلى[2].

في الفصل الرابع ذكرتُ عددا كبيرا من اللغات التي تعطي أولوية لاتجاه الشرق المتعلق بشروق الشـمس. ربما بدأ هذا في الشرق الأوسط، واستمر كتقليد مسيحي خلال العصور الوسطى. غالبا ما مثلت جنة عدن في أعلى خرائط العصور الوسطى. في سفر التكوين 2 وُصفت جنة عدن على أنها في الشرق: «زرع الرب جنة في الشرق في عدن، ووضع فيها الإنسان الذي خلقه».

في العديد من خرائط العصور الوسـطى غالبا ما تظهر صورة المسيح في الأعلى. وكـما رأينا في الفصل الخامس، تأثير التوجه إلى الصلاة نحو الشرق في المسـيحية في توجيه الكنائس في أوروبا الشمالية.

يتبـع العديد من خرائط القرون الوسـطى الشـكل (O – T). هنا يمثل العالم على شـكل قرص مدور، حيث تحاط اليابسة المعروفة كلها بالمحيط. يظهر الشكل

(33) خصائص خارطة على شــكل (T – O) لها مظهــر الحرف T ضمن O. هناك محيط يحيط باليابسة يشكل الحرف O. يتشكل الحرف T من مياه البحر الأبيض المتوسط التي تشكل الجزء العمودي من الحرف T، بينما يتشكل الجزء الأفقي من الحــرف T من نهري تانيــاس (دون Don) والنيل. يفصل الجزء الأفقي من الحرف T آســيا عن أوروبــا وأفريقيا، ويفصل الفرع العمودي أوروبــا عن أفريقيا. توضع القدس عادة في المنتصف.

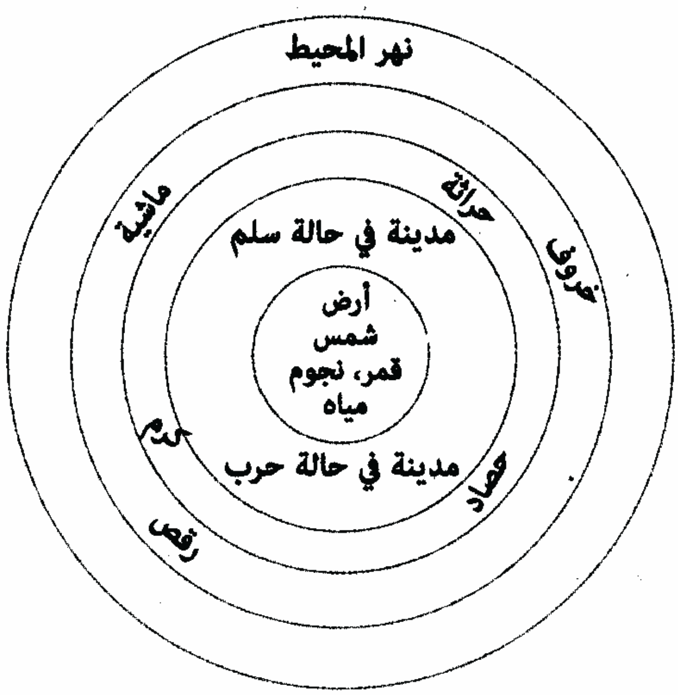


الشكل (33): بنية خرائط (T - O) الشائعة في العصور الوسطى في أوروبا. وجهت هذه الخرائط بحيث يكون الشرق في الأعلى.

لهــذه الخرائط درجات مختلفة من التفاصيل. فهي في بعض الحالات بســيطة ورمزية. بينما بدأت تتجه في حالات أخرى نحو توصيف حرفي للأجزاء المعروفة من الأرض. يوجــد أحد أكثر الأوصاف تفصيلا للمواقــع الجغرافية على خارطة O - T في كاتدرائيــة هيرفورد، وهي خارطة تعــود إلى العام 1300 م. لم يقصد من خارطة O - T في تلــك الحقبة الملاحــة بالأحرى فقد صُنفت مناطق جغرافية معروفة من الأرض بطريقة رمزية فقط.

ظهر تقليد مختلف لرسم الخرائط في اليونان القديمة. يظهر أحد أقدم الأوصاف لخارطة في إلياذة هومر، وتعود إلى نحو القرن الثامن قبل الميلاد. في الكتاب 18 من الإلياذة يصف هومر درعا صُممت لأخيل من قبل هيفاستوس ربة النار والمعادن. تتألف الدرع من خمس دوائر متداخلة حيث تمثل الدائرة الداخلية الشمس والقمر والنجوم. تحيط مدينتان بالكون، واحدة في حالة حرب والأخرى في حالة سلم. تصف الحلقتان التاليتان أشكالا عدة من الأنشطة البشرية، بما في ذلك مشاهد الزراعة. الحلقة الأخيرة هي نهر محيط أو المحيط (Oceanus). خرائط العالم الدائرية المنبسطة بمحيط يحيط بها هي من خصائص الخرائط اليونانية الأولى[3].

تُعزى فكرة الأرض الكروية إلى حقبة فيثاغورس في القرن السادس ق.م. في القرن الثالث ق.م قاس إيراتوسثين لأول مرة محيط الأرض بمقارنة الاختلافات في أطوال الظلال في مدينتين مصريتين هما الإسكندرية وأسوان عند الانقلاب الصيفي. بمعرفة المسافة بين المدينتين أمكنه حساب قُطر الأرض. مكنت فكرة كروية الأرض النمو السريع في فهم الفلك والجغرافيا في اليونان القديمة.



الشكل (34): خمس طبقات من الدرع التي صُنعت لأخيل من قبل هيفاستس كما وُصفت في الإلياذة.

مـع تطور الحضـارة اليونانية توسـعت المعرفة الجغرافية. وسّـعت فتوحات الإسـكندر المقدوني في الشرق، ورحلات البَحار فيثياس من ماسـاليا في القرن الرابع ق.م أفقَ هذه الحضارة. أبحر فيثياس شـمالا إلى جزيرة سـماها ثولي، وربما كانت آيسـلاندا الآن. كان أول من لاحظ تغير طـول النهار مع خط العرض، والاختلافات في المناخ عندما سـافر من الجنوب إلى الشـمال. اقترح أيضا أن الأرض تدور حول محور ثابت.

بعد خمسمائة عام من ذلك، انتهت معارف اليونان في علم المساحة والفلك إلى أعمال بطليموس من الإسكندرية. وبينما طور آخرون قبله خطوط العرض والطول لقياس المواقع على الأرض، فقد أسـس هذه المواقع بشـكل منتظم، وطوّر جداول لمواقع المدن والجزر الرئيسة.

إحدى الأفكار الرئيسة التي تطورت من زمن فيثياس إلى زمن بطليموس كانت مبـدأ الإقليـم (climes). الإقليم عبارة عن مقطع من خطـوط العرض التي تلف حـول الأرض. في هذا المخطط فإن الخصائص الفيزيائية لكل إقليم هي نفسـها في كل مكان منه، بما في ذلك نوع الناس الذين نصادفهم. لم يكن هذا من دون تعليل. فحين نسـافر من خط الاستواء شـمالا باتجاه القطب الشـمالي، ينخفض متوسط درجة الحرارة، وتتغير أصناف الأشـجار والنباتات، حتى أن لون بشرة الناس يتغير. صُنفـت حدود كل إقليم بطول النهار عند الانقـلاب الصيفي في كل منطقة. كلما سافرت شمالا طال النهار في فترة الانقلاب الصيفي.

بأعرض المصطلحات لخّص بطليموس عالما بمنطقة شمالية معتدلة شملت المناطق المأهولـة من أوروبا وآسـيا وأفريقيا. يوضح الشـكل (35) شـكل الخارطة المرتبطة بجغرافية بطليموس. اعتبرت المنطقة حول خط الاسـتواء حارة جدا كي يعيش الناس فيها، وأشـير إليها على أنها المنطقة الحارة (torrid) الاستوائية. جنوب خط الاستواء تقـع منطقة دعيت المنطقة المقابلة (Antipodes). تعني هذه الكلمة حرفيا «قَدما مقابلة» بما أن الشـخص على الطرف الآخر من العالم سـيكون بالمقلوب بالنسبة إلى شـخص في نصف الكرة الشمالي. كانت هناك منطقة معتدلة في الجنوب أيضا. شمال المنطقة المعتدلة الشـمالية هناك منطقة متجمدة، والتي كانت غير مأهولة بالناس، وهناك منطقة متجمدة مقابلة لها في النصف الجنوبي من الكرة الأرضية.

أعطى نموذج الأقاليم، مع الدوران لأرض كروية حول محور ثابت دفعا لظهور خرائط وضعت الشمال في الأعلى أو الأسفل. تخلق شرائط الأقاليم تناظرا بين الشرق والغرب مما يجعل من المنطقي تمثيل الشرق - غرب بشكل أفقي.



الشكل (35): مناطق العالم كما مثلت من قبل بطليموس وطورت من قبل العلماء العرب. حدت المناطق المعتدلة في الشمال والجنوب بمنطقة حارة عند خط الاستواء، ومنطقتين متجمدتين قرب القطبين.

خاصة أخرى لجغرافية بطليموس هي فكرة «oikoumene» أي العالم المأهول. كانت المناطق المأهولة بالنسبة إلى اليونانيين القدماء هي أوروبا وآسيا وشمال أفريقيا فقط. أشير إلى أقصى نقطة في الغرب بموقع دعي الجزر المباركة أو المحظوظة (Fortunate Islands). امتد العالم المأهول 180 درجة حول الكرة الأرضية. أحاط المحيط بالعالم المأهول كما في تصميم درع أخيل، وفي خرائط T - O التي وصفت سابقا.

بعد بطليموس، دخلت أوروبا الغربية في فوضى العصور المظلمة. وحيث وجد نظام فقد فرض بسلطة الكنيسة الكاثوليكية التي وضعت قوانين صارمة للاعتقاد. لكن الحضارة الإسلامية في الشرق الأوسط وإيران وأفريقيا الشمالية ازدهرت وأعطت أهمية كبيرة لإرث البحث اليوناني. ترجم الكثير من أعمال بطليموس إلى اللغة العربية مع أعمال مؤلفين آخرين، مثل إقليدس. طورت أعمال رائدة في الفلك والجغرافيا

والرياضيـــات من قبل علماء كالبيروني. طورت جــداول لخطوط العرض والطول تقع عليها مدن رئيسة لأجل الفلك، ولمعرفة كيفية التوجه إلى مكة في الصلاة.

ركزت معظم الخرائط العربية من القرن التاسع الميلادي على المنطقة المحيطة بإيران والجزيرة العربية. حافظت الكثير من الخرائط العربية على الفكرة اليونانية لمحيط يحيط بالكرة الأرضية، ولوجود الأقاليم. في ذروة إمبراطوريتهم سيطر العرب على التجارة في الطرق البحرية بين شرق آســيا والهند وشــبه الجزيرة العربية على الرغــم من عدم وجود دليل على أنهم غامروا أبعد من مضيق جبل طارق (أعمدة هرقل) نحو المحيط الأطلسي.

كانت الإنجازات الرئيســة في أوروبا الغربية في العصور الوســطى هي رحلات الرهبان الأيرلنديين إلى آيســلاندا، ومن ثم الاستعمار النرويجي لآيسلاندا وغرينلاند والمســتوطنات القصيرة الأمد التي أُسست في أمريكا الشمالية (Vineland). لم تبق خرائــط تصف هذه المناطق من فترة رحلات النرويجيين القدامى، إذا أســقط المرء خارطــة فاينلاند في جامعة ييل المختلف حول صحتهــا[4]. معظم الخرائط الكبيرة المتبقية من العصور الوسطى المبكرة هي خرائط من نوع T - O. الخرائط الوحيدة من تلك الفترة التي قاربت إلى حد ما معرفة المســح المثالي كانت خرائط بالمقياس الصغير تصف بلدات محلية والبيئة المحيطة بها.

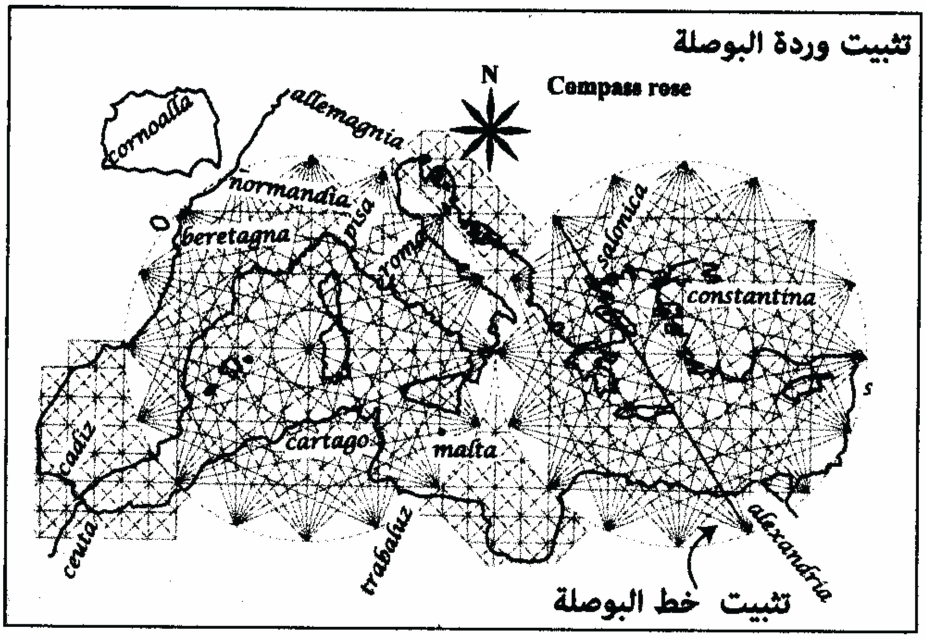
البوصلة وخرائط الموانئ

في القرن الثالث عشر ظهرت البوصلة المغناطيســية لأول مرة في البحر الأبيض المتوســط. مــازال مصدرها كآلة للملاحة موضع نقاش، لكــن ليس هناك أي جدل حول انتشــارها الواســع بين العرب والأوروبيين الغربيين في تلــك الفترة. لأول مرة يســتطيع بحار أن يخط طريقه باستخدام البوصلة كمقابل للاعتماد على مؤشرات طبيعية كالشــمس والرياح. يمكن استخدام البوصلة في الضباب، والأيام الغائمة، وفي أي ظرف عمليا، وقد حسَّــنت من وثوقية الملاحــة. لو أردتَ الإبحار من موقع إلى آخر، لاحتجت إلى توجيه بوصلة، وســتكون جاهزا للإبحار. رافق استخدام البوصلة في الغــرب ظهور مفاجئ لنوع جديد من الخرائط دعاها المؤرخون بخرائط الموانئ (Portolan Charts). وعــلى النقيــض من الخرائط الســابقة، فقد رســمت هذه

الخرائط من أجل الملاحة بشـــكل أســـاسي. يدعو الكثيرون هذه الخرائط بالخرائط الأولى الحقيقية لأنها أظهرت اتجاهات متسقة ومقياسا دقيقا نسبيا.

في خرائط الموانئ مثلت العلامات الفارقة والموانئ على السواحل بتفاصيل أكبر. يوضح الشـــكل (36) الخصائص الرئيسة لهذه الخرائط. فوق المخطط هناك شبكة تشـــبه شبكة العنكبوت من خطوط البوصلة. يعرَّف خط البوصلة (rhumb line) بأنه الخط الذي يتبعه شـــخص أو زورق ما مع الحفاظ على اتجاه البوصلة نفسه. أي تثبيت اتجاه مســـار ما بالمقارنة مع جهة الشـــمال. يأتي الاســـم (rhumb) من الكلمة الإسبانية (rumbo) والتي تعني المسار. ظهرت وردات البوصلة (compass roses) لأول مرة على هذه المخططات، وقُسمت إلى ثماني وست عشرة وحتى اثنتين وثلاثين نقطة بوصلية.

خارطة بيسانا (carta pisana) هي أقدم خارطة موانئ متبقية إلى الآن، وتعود إلى العام 1275م. رُسمت على جلد غنم، وتصف البحر الأبيض المتوسط وأجزاء من ساحل شـــمال الأطلسي، والبحر الأســـود. على النقيض من خرائط T - O المعاصرة لها، تظهر خارطة الكارتا بيســـانا البحر الأبيض المتوسط بدقة أكبر بكثير، ووضعت الشمال في أعلى الخارطة مع العديد من خطوط البوصلة.



الشكل (36): تمثيل لخارطة موانئ خاصة بالقرن الثالث عشر حتى القرن السادس عشر. لهذه الخرائط مقياس دقيق، وقد غطيت بشبكة من خطوط البوصلة تظهر اتجاهات الإبحار.

تصــف خارطة ورقية تعود إلى العام 1375م رســمت من قبل رســامي الخرائط أبراهام وجيهودا كريسك أوروبا والبحر الأبيض المتوسط وشمال أفريقيا بعناية دقيقة وفق المقياس، واستخدام مكثف لشبكات خطوط البوصلة التي سمحت للملاحين بأن يحــددوا وجهاتهم من مرفأ إلى آخر. وصف العديد من هذه الخرائط من تلك الفترة أيضا جــزرا خيالية من الأســاطير، كأنها تغطي الأماكن الممكنــة كلها. يظهر مخطط كريسك نهرا من الذهب يجري وسط الصحراء الكبرى جنوب جبال الأطلس.

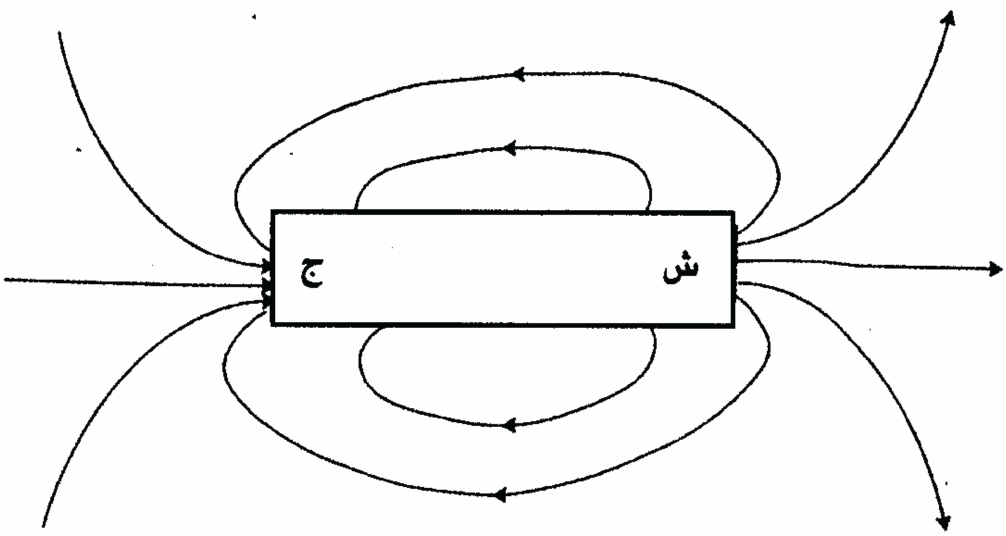
ارتبــط ظهور مخططات الموانئ أيضا بنمو التجارة بين البحر الأبيض المتوســط وبحر البلطيق وبحر الشــمال. تحكّمت مجموعات مثل عصبة الهانسيتيك في بحر البلطيــق، ودول المــدن مثل فينســيا والبندقية في البحر الأبيض المتوســط بمعظم التجــارة في البحر الأبيض المتوســط. لبحر البلطيق والبحر الأبيض المتوســط وبحر الشــمال مزايا مختلفة، ولتغطي المجال الأوسع للتجارة كانت الأوراق التي تحتوي على المخططات تشمل أيضا نصائح ملاحية مفصّلة للبحارة.

على ســبيل المثال بينما يكون المــد والجزر في البحر الأبيض المتوســط صغيرا، يكون في شمال أوروبا والجزر البريطانية كبيرا، بحيث يجب على البحارة أخذه بعين الاعتبــار. يختلف زمن المد والجزر من ميناء إلى آخر، لكن يمكن التنبؤ به إذا عرف البحــار أحوال القمر. احتوى العديد مــن أوراق الملاحة في تلك الفترة على جداول لكل مرفأ تعطي زمن المد العالي بحسب طور القمر. هذا النوع من المعلومات مهم بالنسبة إلى بحار من البحر الأبيض المتوسط يحاول الرسو في مرفأ في بحر الشمال.

مبادئ البوصلة

عرف اليونانيون والصينيون خصائص المغناطيس منذ العام 500 ق. م. اشــتق الاســم من صخــر يدعى ماغنيتايــت (magnetite) والــذي كان يوجد في منطقة غنيســيا في ثيســيللي. يمكن تشكيل المغناطيس على شــكل حجر مغناطيسي يظهر انجذابــا غامضا بعضه لبعض وللحديد. عندما يُســحَب قضيــب من الحديد فوق حجر مغناطيسي فإنه يكتسب مواصفات مغناطيسية. وعلى الرغم من أن هذا كان معروفا جيدا فإن الخصائص المغناطيســية للحديد والنيكل والحجر المغناطيسي لم تُستخدَم في تطبيقات عملية لقرون.

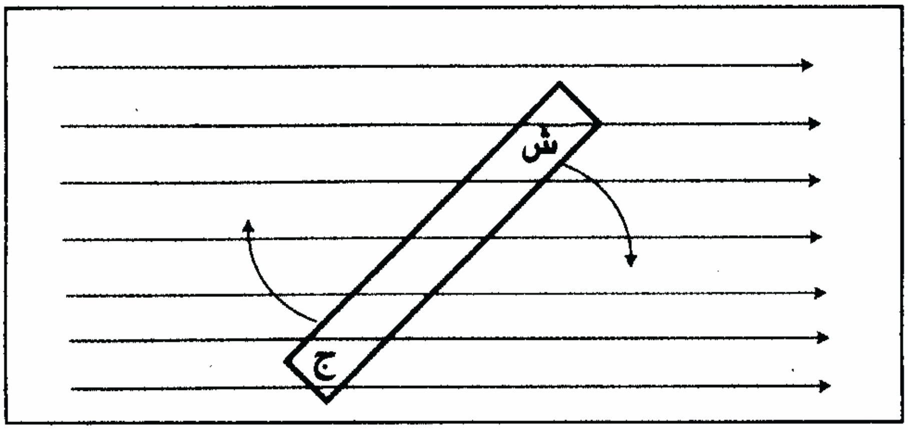
تُدعى البوصلة المغناطيسية بثنائية القطب (الشكل 37). وهذا يعني أن لها قطبين: شماليا وجنوبيا. يُدعى هذا بشكل أكثر شيوعا بالقضيب المغناطيسي. من حيث الاصطلاح لو أخذنا قضيبا ثنائي القطب وتركناه يتحرك بحرية على مستوى أفقي، ثم تركناه يستقر، فإن الطرف الشمالي يصطف مع خطوط مغناطيسية الأرض باتجاه الشمال. نرسم الحقل المغناطيسي على شكل خطوط مستمرة تبدأ من القطب الشمالي للمغناطيس وتنتهي بالقطب الجنوبي منه. تشير الأسهم في الشكل (37) إلى الاتجاه نحو الجنوب لخطوط الحقل. تصد الأقطاب المغناطيسية من النوع نفسه (شمال - شمال، وجنوب - جنوب) بعضها بعضا، وعلى النقيض من ذلك فإن أقطاب (شمال - جنوب) يجذب بعضها بعضا. أي يمكن القول بأن قطبا شماليا يصد قطبا شماليا آخر، بينما يجذب قطب شمالي قطبا جنوبيا آخر.



(الشكل 37): مغناطيس ثنائي القطب بحقل مغناطيسي جنوبي وشمالي. تتجه خطوط الحقل من الشمال إلى الجنوب.

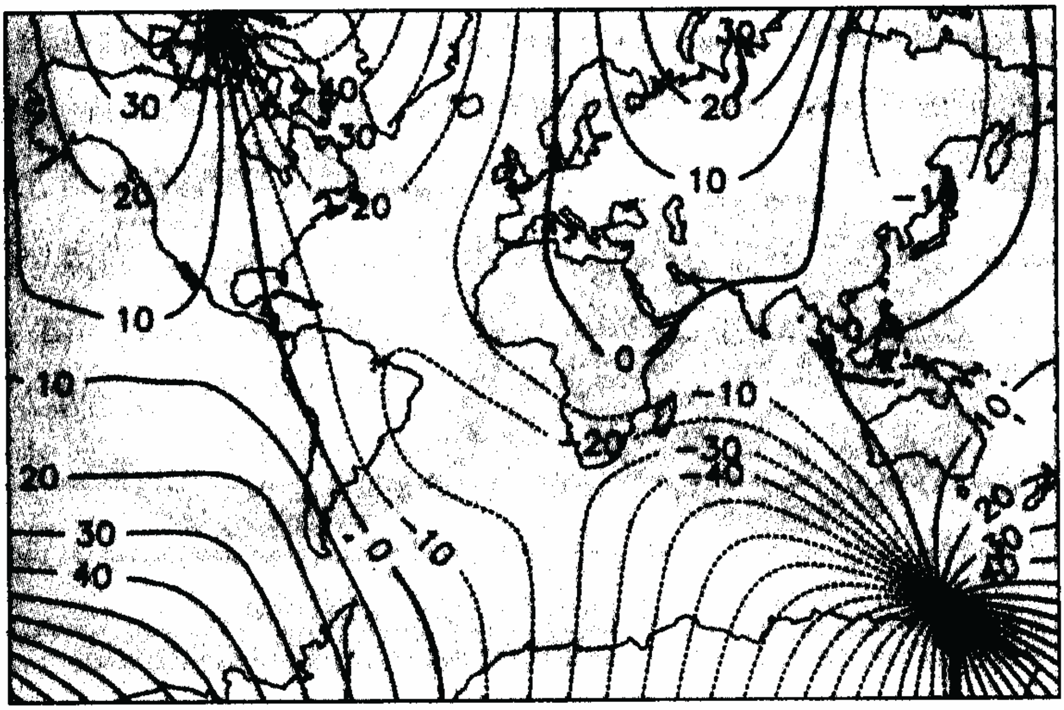
لو وُضع مغناطيس ثنائي القطب وسط حقل مغناطيسي متجانس فإنه سيتعرض لقوة فتل (torque) (الشكل 38) تسبب حركة جسم ما. أرجوحة الملاعب مثال جيد على عمل قوة الفتل. تدور الأرجوحة حول نقطة ثابتة، ويضغط ثقل الأطفال

عند كل طرف بقوة فتل على بعد معين من نقطة الدوران. عند صنع بوصلة نضع محورا في منتصف المغناطيس يسمح له بالدوران بحرية. بسبب قوة الفتل التي يختبرها القضيب من الحقل الأرضي يهتز جيئة وذهابا مثل أرجوحة، وفي النهاية يستقر متجها باتجاه خطوط الحقل المغناطيسي.



الشكل (38): تأثير حقل مغناطيسي متجانس على ثنائي قطب هو خلق قوة فتل تجعله يدور بحيث يكون القطب الشمالي للمغناطيس مصطفا مع خطوط الحقل.

نادرا ما تشير إبرة البوصلة المغناطيسية نحو القطب الشمالي الجغرافي. بالأحرى هي تصطف مع الحقل المغناطيسي المحلي، والذي يمكن أن يكون منحرفا جدا عن الشمال الحقيقي. نتحدث عن اختلاف (variation) أو انحراف (deviation) مغناطيسي على أنه الاختلاف بين الشمال «الحقيقي» والشمال «المغناطيسي». يستخدم مصطلح الانحراف المغناطيسي في الخرائط البرية بشكل أساسي، بينما تستعمل الخرائط البحرية مصطلح الاختلاف المغناطيسي. يظهر الشكل (39) خارطة حديثة للعالم من معهد المسح الجيولوجي الأمريكي تبين الاختلافات المغناطيسية[5]. يمكنك أن ترى على الخارطة أين تتلاقى خطوط الاختلاف المغناطيسي على الأقطاب المغناطيسية.



(الشكل 39): خارطة بالاختلاف المغناطيسي بالدرجات من الحقل الأرضي من الشمال الحقيقي. الخطوط هي على شكل منحنيات لاختلافات مغناطيسية متساوية. الخطوط المتصلة تدل على اختلافات إلى الشرق من الشمال، بينما المنقطة تدل على اختلافات إلى الغرب من الشمال. تتركز الخطوط قرب القطب الشمالي والجنوبي. هذه الخارطة هي للعام 2000.

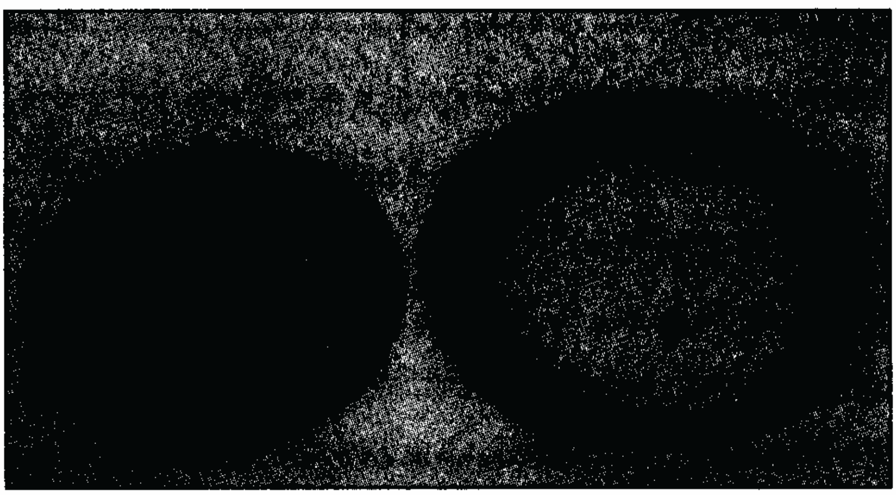
في مدينتي بوسطن تشير إبرة مغناطيسية بصورة تقريبية نحو 16 درجة غرب الشمال الحقيقي، بينما تشير إبرة بوصلة في شمال غرب المحيط الهادئ إلى 16 درجة شرق الشمال الحقيقي. لو تجولت في غابة ومعك بوصلة، ولم تلتفت إلى الاختلاف المحلي، فربما ستخطئ كثيرا في تحديد اتجاهك. لحسن الحظ فإن المسوحات المغناطيسية الحديثة للأرض شاملة بشكل غير عادي، ومن السهل الحصول عليها.

تنشأ الاختلافات المغناطيسية لأن الحقل المغناطيسي ينشأ من تدفق المعادن المنصهرة في أعماق الأرض. هذا التدفق ليس منتظما تماما، ويسبب اختلافات في الحقل المغناطيسي بحسب الموقع. إضافة إلى الاختلاف الجغرافي هناك اختلاف مع الزمن يدعى بالاختلاف العالمي. يعود هذا مرة أخرى إلى الاختلافات في تدفق المعادن المنصهرة في جوف الأرض.

قبل عهد المسوحات المغناطيسية، كانت إحدى المهمات المنتظمة للبحارة على السفن هي قياس الاختلاف المغناطيسي المحلي بحيث تحافظ السفينة على اتجاهها خلال النهار. كان هذا يحدث عند شروق الشـمس وعند غروبها. وبالتزود بجدول لزوايا شروق الشـمس وغروبها يمكن للملاح أن يقارن الموقع بالنسبة إلى الشمس مع اتجاه البوصلة وتعديل اتجاهه بناء على ذلك. تسجل هذه الاختلافات بدورها في سجلات خاصة.

للحقـل المغناطيـسي الأرضي مركبة عمودية وأخرى أفقيـة. أي يمكن القول بأن الحقل يوصف بخط مواز لسطح الأرض (أفقي)، وبخط آخر عمودي عليه (عمودي). نسـتخدم بشـكل دائم تقريبا البوصلات بشـكل أفقي، لكن المركبـة الأفقية تصبح ضعيفة جدا بالقرب من القطبين المغناطيسيين، ويصبح الحقل في معظمه عموديا.

يصنـع جسـم البوصلة من شرائط مـن الحديد توضع تحـت بطاقة البوصلة (الشـكلان 40 و41) والتي لها زوايا مختلفة موضوعة بالنسـبة إلى الشـمال. كان بعـض أقدم البوصلات عبارة عن بوصلات جافـة بمعنى أنها كانت تدور بحرية في الهـواء على حامل. إحدى مسـاوئ البوصلة الجافة هي أنها تسـتغرق وقتا طويلا كي تسـتقر، وأنها تتأرجح فوق قارب يهتز. للتغلب على هذه المشكلة، وضع مؤشر البوصلة بعد ذلك ضمن سائل مهدئ ليدعه يستقر بسرعة أكبر.



الشكل (40): بطاقة البوصلة وعلبتها لبوصلة بطاقة جافة من القرن التاسع عشر.

دُعيت أولى بطاقات البوصلات بالـ «وردات»، لأنه كان لها مظهر برعم الورد المتفتح. بني التصميم على المخطط الهندسي الأساسي بطريقة التنصيف المتتالي للزوايا. بدءا من الاتجاهات الأصلية، وهي الشمال والشرق والجنوب والغرب، يمكن للمرء أن يقسِّم الجهات أكثر إلى نقاط تحتوي على شمال شرق NE وجنوب شرق SE وجنوب غرب SW وشمال غرب NW. بعد ذلك يأتي شمال - الشمال الشرقي NNE وشرق - الشمال الشرقي ENE. التقسيم الأكثر سيكون شمالا بواسطة الشرق NbE وشمال شرق بواسطة الشرق NEbN. تألفت معظم البوصلات في حقبة الاستكشافات الأوروبية الغربية من اثنتين وثلاثين أو أربع وستين نقطة بوصلية.



الشكل (41): أسلاك حديدية ممغنطة خلف بطاقة البوصلة لتوجيه الإبرة باتجاه خطوط الحقل المغناطيسي الأرضي تعود إلى القرن السابع عشر.

اعتمد تطوير الملاحة السماوية بقوة على التقنيات الفلكية، والتي استخدمت نظام الدرجات لتقسيم زاوية الأفق أو السمت. تأتي كلمة «Asimuth» من الكلمة العربية «السمت»(*) (Assumut) التي تعني «الاتجاهات». مازال استخدام النقاط بدلا من الأرقام لتوصيف اتجاهات الأفق يستعمل إلى الآن في الكثير من مجتمعات الملاحة.

وفقا للاصطلاح تبدأ زاوية السمت في المستوى الأفقي من الدرجة صفر والتي تشير إلى الشمال ثم تستمر باتجاه عقارب الساعة نحو الشرق 90 درجة، والجنوب 180 درجة، والغرب 270 درجة، وتعود إلى الشمال 360/ 0 درجة. أتى التقسيم التقليدي لزاوية السمت إلى 360 درجة من البابليين الذين استخدموا نظام الستين

(*) السمت: الطريق، والسير عليه بالظن والحدس. [المحرر].

الرقمـي. لاسـتخدام الرقم 360 مزايا عـدة: فهو قريب جدا من عدد أيام السـنة 365.24، ويمكنـه القسـمة على عدد كبير مـن العوامـل 2 و3 و4 و5 و6 و8 و9 و10 و12... إلخ. ومع شـيوع اسـتخدام الملاحة السـماوية، تراجع استخدام نظام الوردة البوصلية ببطء، واستخدمت الزوايا بشكل كبير. لكن العديد من البوصلات البحرية مع ذلك لاتزال تحمل نظامي الوردة والزاوية كليهما.

نظريات الحقل المغناطيسي الأرضي

ظـل أصـل الحقـل المغناطيـسي الأرضي سرا في العصور الوسـطى. بمعرفة أن الأحجـار المغناطيسـية يؤثر بعضها في بعض، ربما كان مـن المعقول افتراض وجود مغناطيـس ضخم في مكان ما يؤثر في إبرة البوصلة، ويجعلها تتجه نحو الشـمال. أحد أوائل الفلاسـفة الذين جربوا هذا التفسـير كان النبيـل بيتروس بيريغرينوس في القـرن الثالث عشر. في تلك الحقبة سـاد الاعتقاد بـأن الأرض هي مركز الكون، وأن الكـون يدور حولها. اعتقـد بيرينغروس أن هناك تعاطفـا متبادلا بين القوى الأرضية والكون. هذا التعاطف المتبادل هو الذي يجعل الحديد في البوصلة يحاول الاصطفاف وفقا لمحور الكرة السماوية[6].

مـع الزمن لم تعد الأرض تُعتبَر مركـز الكون، لذا بدت فكرة بيريغرينوس حول التعاطـف المتبادل بين الأرض والكون غير قابلـة للتطبيق. تمثلت الفكرة التالية في الاعتقاد بوجود جبل ضخم من الأحجار المغناطيسـية في القطب الشـمالي يسبب انجذاب إبر البوصلات في العالم نحوه.

لم يقدِّر البحارة في البحر الأبيض المتوسـط في البدء الاختلاف المغناطيسي. كان هـذا الاختلاف قريبا مـن الصفر في جنوب أوروبا وشـمال أفريقيا. لكن قريبا من القطب المغناطيسي في الشـمال تصبح الاختلافات أكبر، وقد أظهرت القيم المأخوذة في أوروبا الشمالية اختلافات أكبر وأوضح عن الشمال الحقيقي.

في العام 1541 أخذ صانع الخرائط السويدي أولوس ماغنوس من لاند قياسات للاختلاف المغناطيسي في هولندا وفي غدانسك ببولندا. رسم مجموعة من الخطوط الدائريـة الكبيرة التي تشـير إلى موقـع الجبل المغناطيسي الذي اسـتنتج وجوده بالقرب من القطب الشـمالي. مـن تقاطع مجموعتي الخطـوط اعتقد أن الجبل

المغناطيسي الكبير يجب أن يكون على مسافة ما من القطب الشمالي مقابل الشاطئ الشمالي لسيبيريا.

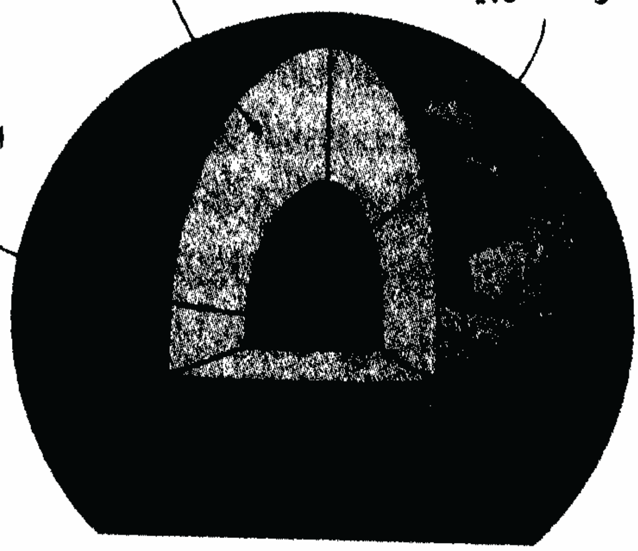
اشتهر صانع الخرائط جيرادوس ميركاتور (1512 - 1594) بطريقته الخاصة بإسقاط أرض كروية على خارطة أفقية، والتي بدأت تعرف منذ ذلك الحين بإسقاط ميركاتور. أنتج ميركاتور خارطة العام 1569 أظهرت جزيرتين مغناطيسيتين في القطب الشمالي. كانت هناك تقارير تشير إلى وجود اختلاف مغناطيسي قدره صفر على جزيرة كورفو في الآزور، وأيضا في جزر كيب فيردي. في ريغنسبيرغ في بافاريا كان الاختلاف 17 درجة غرب الشمال الحقيقي. بأخذ التقاطع للخط الدائري الكبير من ريغينسبيرغ وخطوط الدرجة صفر من كيب فيردي وكورفو استنتج ميركاتور أن الجزيرتين المغناطيسيتين هما اللتان ولدتا الحقل المغناطيسي الأرضي. على خارطته وضع هاتين الجزيرتين في المحيط القطبي بين خطي زوال كاليفورنيا وآسيا.

المشكلة مع خرائط ميركاتور وماغنوس هي أنها نجمت عن سوء فهم للاختلاف المغناطيسي. لمجرد أن تظهر البوصلة عدم تطابق مع الشمال الحقيقي في موقع ما لا يعني ذلك أن من الممكن مد دائرة كبيرة مباشرة إلى جبل مغناطيسي.

سرعان ما اختفت نظريات الجبل المغناطيسي، واستقرت فكرة وجود قضيب مغناطيسي هائل في جوف الأرض. لم تعرف الطبيعة الدقيقة لثنائي القطب الأرضي هذا، لكنها كانت فكرة أكثر واقعية. تطوَر فهمنا الحالي حول الحقل المغناطيسي الأرضي إلى درجة كبيرة منذ حقبة الجبال المغناطيسية: يتسخن جوف الأرض من تخافت العناصر المشعة، ومن الحرارة المتبقية عن نشأة الأرض. في مركز الأرض هناك نواة صلبة تتألف من الحديد والنيكل. هذه النواة الداخلية حارة جدا، وتبلغ درجة حرارتها بحدود 9800 درجة فهرنهايت(*)، ولذا من المفترض أن تكون في حالة منصهرة لولا الضغط الهائل عليها من محيطها، والذي يبلغ أكثر من ثلاثة ملايين ضعف الضغط على سطح الأرض. تحيط نواة خارجية سائلة بالنواة الداخلية الصلبة (الشكل 42). السائل في النواة الخارجية السائلة غني أيضا بالحديد ويتدفق بحرية. يحيط بالنواة الخارجية الغطاء (mantle) والذي هو عبارة عن سائل

(*) أي ما يعادل: 5426.667 درجة سليزية. [المحرر].

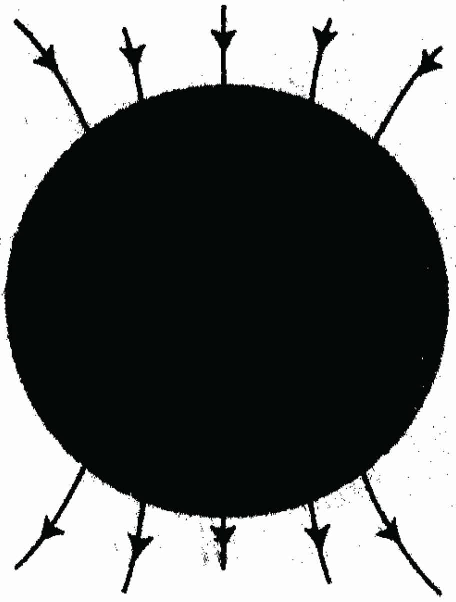
لكنه أكثر لزوجة من الســائل في النواة الخارجية. يمتد الغطاء صعودا حتى الطبقة الخارجيــة جدا، والتي تُدعى القــشرة ((crust والتي هي الطبقة الخارجية الصلبة التي نعيش عليها.



الشكل (42): جوف الأرض، ويظهر النواة الداخلية الصلبة والنواة الخارجية السائلة والغطاء.

يخلق تدفق السائل في النواة الخارجية الحقل المغناطيسي الأرضي. يسخَن الحديد والعناصر الأخرى المنصهرة على سطح النواة الداخلية، وتصبح أقل كثافة. ومثل بالون منتفخ بهواء ســاخن، يكون المائع الســاخن أقل كثافة مــن المائع المحيط. لذا يصعد للأعــلى ويبرد ببطء مع اقترابه من الغطاء. وعندما يــبرد المائع يهبط مرة أخرى نحو مركز الأرض. تعيد هذه العملية نفســها عدة مرات مســببة دوران تيارات من المائع من النواة الداخلية إلى الغطاء والعودة مرة أخرى. تدعى هذه التيارات خلايا الحمل.

هنــاك عامــل آخر ينجــم عــن دوران الأرض. يُدعــى هذا تأثــير كوريوليس (Coriolis) والــذي ينجم عن دوران الســائل عند خط الاســتواء بسرعة أكبر من دورانــه بالقرب من القطبين. يعطي هذا المزيج مــن الاضطراب وتأثير كوريوليس نوعا من الحركة الملتوية للسائل في النواة الخارجية. هناك تفاعل غريب بين الحقل المغناطيسي المتولد من حركة الســائل، والســائل نفسه. يتغذى هذان العاملان كل منهما على الآخر، ويتعاونان في خلق نســخة مســتقرة بشــكل معقول من قضيب مغناطيسي (الشكل 43).



الشكل (43): تؤدي حركية جريان السائل في النواة الخارجية إلى نشوء تأثير يدعم نفسه ذاتيا يولد الحقل المغناطيسي الأرضي.

تدفق السائل والحقل المغناطيسي ليسا مستقرين تماما. ينجرف القطبان المغناطيسيان الشمالي والجنوبي عدة أميال كل عام. حاليا يتحرك القطب المغناطيسي الشمالي شمالا بمعدل عشرين ميلا في السنة. وبسبب تعقيد التأثيرات التي تخلق الحقل المغناطيسي، يمكن للنماذج الحاسوبية الفائقة فقط أن تمثل حقا حركية توليد الحقل المغناطيسي في عملية تدعى الحركية الأرضية (geodynamo).

من المعروف أن الحقل المغناطيسي الأرضي ينعكس من حين إلى آخر، وقد وثّق ذلك بواسطة حقول مغناطيسية مجمدة في شرائط موزعة في قاع المحيط الأطلسي. يمكن أن تكون الفترات المستقرة بين الانعكاسات القصيرة بحدود مائة ألف سنة، أو ربما تطول إلى عدة ملايين سنة. يمكن أن تكون فترة الانعكاس الفعلية ذاتها قصيرة جدا، وقد ألهم هذا عددا من سيناريوهات نهاية العالم في مجال الأدب والسينما. استطاع التمثيل الحاسوبي أن يلتقط هذه الانعكاسات، مما يؤكد بصورة تقريبية أن النماذج دقيقة بشكل معقول.

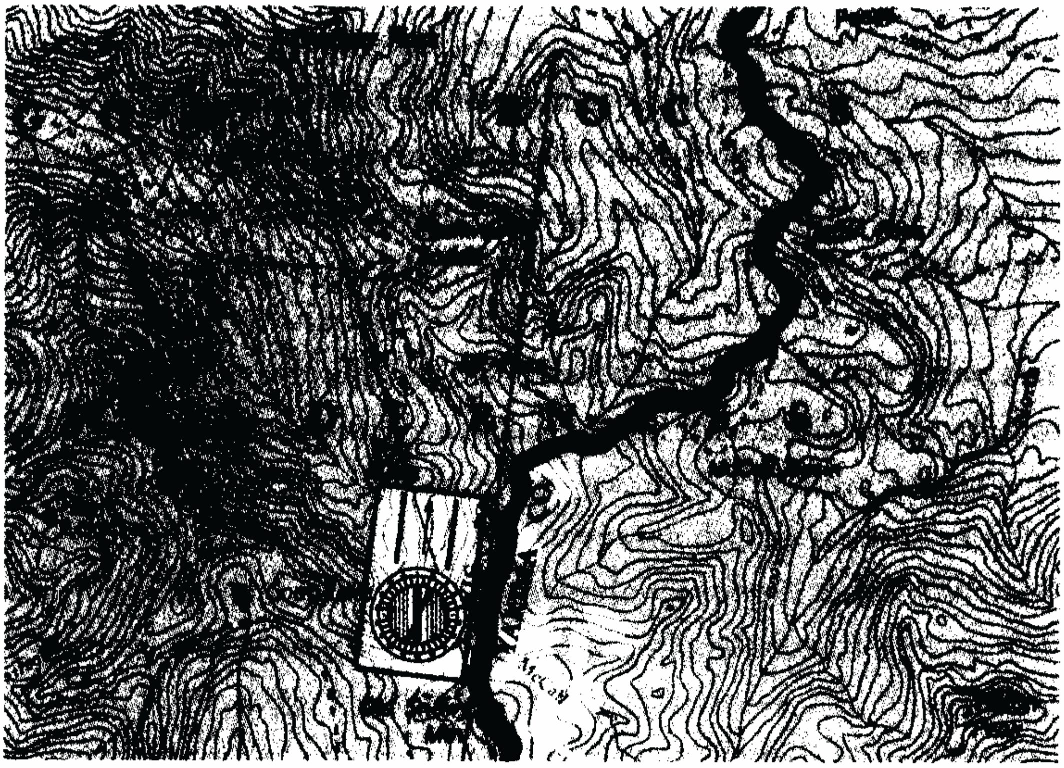
استخدام البوصلة

على الرغم من أن الاستخدام العملي للبوصلة يتطلب مهارة تُدرَّس بانتظام لصبية الكشافة، أصبح استعمال البوصلة فنا مفقودا بسرعة. مات الكثيرون بسبب عدم قدرتهم على استخدام البوصلة في الحالات الطارئة، مع أنها إحدى أرخص الطرق، وأوثقها لتحديد الاتجاه.

يمكن العثور على الاستخدام العملي للبوصلة في عدد من الكتب الصغيرة، لذا لن أكرر الكثير عنها هنا. لو كنتَ تعلم الاختلاف المغناطيسي المحلي، وأجريت التصحيح اللازم يمكن لبوصلة يدوية أن تزودك بالاتجاه إلى دقة 5 درجات. من أجل دقة أفضل يحتاج المرء إلى بوصلة من النوع الحربي، أو آلة مسح مثل الناقل. أثناء الانتقال سيرا على الأقدام، يمكن استخدام البوصلة المغناطيسية لتأسيس مسار ما بدءا من نقطة الانطلاق إلى هدف موجود على الخارطة، والحفاظ عليه. من المفيد استخدام البوصلة لرؤية جسم موجود على مسار الرحلة، ثم التحرك نحوه. ما إن يتم الوصول إلى ذلك الجسم حتى يمكنك استطلاع جسم آخر في الاتجاه نفسه. لو سرتَ وعيناك مسمرتان على البوصلة، فمن السهل أن تضلَ طريقك.

لو كنتَ غير متأكد من وجهتك، لكنك تستطيع إيجاد علامتين فارقتين على خارطة، فمن الممكن استخدام البوصلة لتحديد موقعك بعملية تُدعى التثليث (triangulation). يمكنك استخدام البوصلة لمعرفة الاتجاهات إلى العلامتين. يمكن استخدام الاتجاه لكل علامة للعثور على خط موقع. لو تخيلت نفسك موجودا عند كل علامة فارقة، فهناك اتجاه رجعي أو اتجاه عكسي لموقعك على زاوية 180 درجة مقابل موقعك. يمكن استخدام كل موقع رجعي لإنشاء خط موقع يمتد إلى موقعك.

يوضح الشكل (44) عملية التثليث على خارطة لمنطقة في ولاية واشنطن تدعى منطقة «غريت روكس» البرية. هناك متجول في موقع غير معروف، لكنه يعلم أنه في مكان ما على الخارطة. يريد أن يعرف موقعه. أولا يرى علامة فارقة بإمكانه تحديدها ويمكنه رؤيتها على الخارطة تدعى «تشيمني روك». يستخدم بوصلة ليحدد أن اتجاه تلك العلامة هو 330 درجة من الشمال الحقيقي، بعد أن يصحح الاتجاه للاختلاف المغناطيسي. يجد أن الاتجاه الرجعي من «تشيمني روك» هو 330 - 180 = 150 درجة. هذا يعني أن مراقبا مفترضا موجودا في «تشيمني روك» وينظر باتجاه المتجول يجد أن الاتجاه إليه هو 150 درجة. يؤسس هذا لخط موقع من «تشيمني روك» يمتد باتجاه 150 درجة. يوجد المتجول في مكان ما على طول هذا الخط.

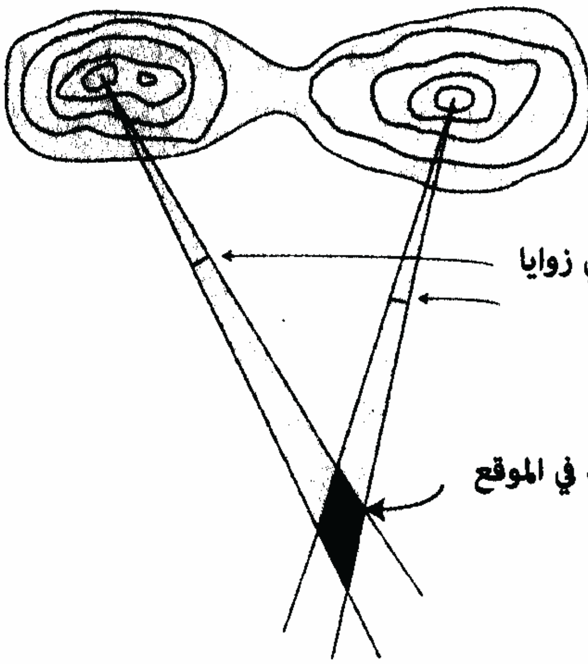


الشكل (44): عملية التثليث باستخدام خطي موقع. يأتي خط الموقع الأول من مشاهدة موقع محدد يدعى «تشيمني روك». يأتي الخط الثاني من مشاهدة النتوء جنوب «الك باس». البوصلة في الشكل موضوعة على اتجاه المشاهدة الثانية. يعطي تقاطع خطي الموقع نقطة تثبيت للمراقب.

للعثور على موقعه، على المتجول أن يجد خطا آخر لموقعه. يظهر الشكل (44) البوصلة موجهة إلى نتوء إلى الجنوب قليلا من الموقع يُدعى «الك باس» على الخارطة. يقع هذا النتوء عند نهاية أسفل الزاوية اليمنى من الحرف R في الكلمة «WILDERNESS» على الخارطة. يأخذ المتجول مشاهدة ببوصلته إلى النتوء ويقرأ اتجاها بـ 10 درجات، مصححا مرة أخرى للاختلاف المغناطيسي. في هذه الحالة يكون الاتجاه الرجعي من النتوء هو 10 + 180 = 190 درجة. مراقب مفترض آخر ينظر إلى المتجول من النتوء، سيراه باتجاه 190 درجة. تقاطع خط الموقع من «تشيمني روك» مع خط الموقع من النتوء هو موقع المتجول.

تتحدد دقة طريقة التثليث بالبوصلة عادة بدقة الزوايا المَقيسة، وبهندسة الاتجاهات. هناك عدم تأكد كامن في الطريقة لأن دقة كل خط موقع تتعلق بدقة اتجاه البوصلة. إذا كان الاتجاه دقيقا ضمن مجال نموذجي من 10 درجات، فهناك مجال من خطوط الموقع المحتملة التي يمكن للمتجول أن يكون موجودا فيها.

بالمثل يعطي اتجاه ثان عددا من خطوط الموقع الممكنة (الشــكل 45). يعطي تقاطع مجموعتين من خطوط الموقع الممكنة منطقة على شكل المعيّن يقع ضمنها المتجــول. إذا كان الاتجاهــان متقاربين جدا في الزاوية، يكــون المعيّن متطاولا. من جهة أخرى، إذا كان الاتجاهان متعامدين تقريبا فإن معيّن عدم التأكد محدود أكثر في مــداه. كقاعــدة تجريبية عامة من الأفضل التمرن عــلى اختيار علامتين فارقتين مفصولتين بنحو 90 درجة للحصول على موقع جيد بعملية التثليث.



الشكل (45): معيّن عدم التأكد المتولد من عدم التأكد في زوايا من اتجاهين استخدما لتحديد موقع.

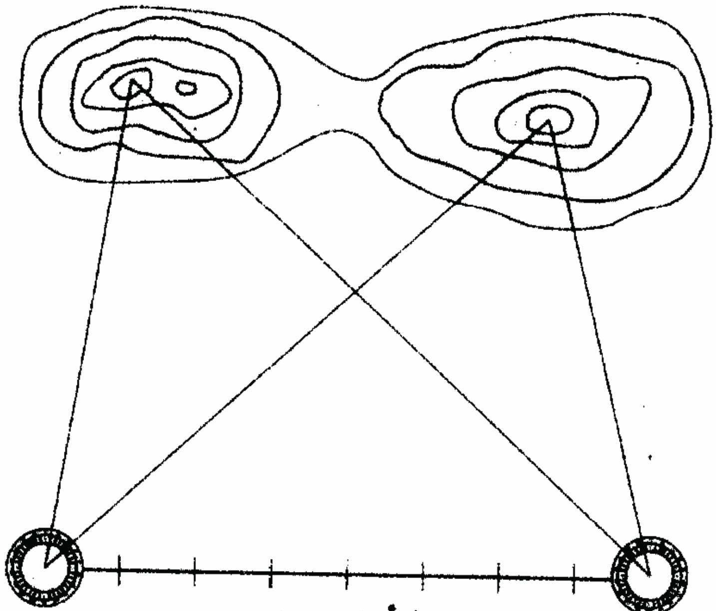
المسح وصنع الخرائط

يستخدم معظمنا الخرائط للملاحة، لكن يجب أن يقوم شخص ما بصنع هذه الخرائــط في المقام الأول. حتى القرن الســابع عشر بنيت الخرائط بناء على تقارير التخمين الصائب لرحالةٍ مضافا إليها أحيانا خطوط عرض من ملاحظات ســماوية. في العام 1533 نشر العالم الهولندي جيما فريســياس (1508 – 1555) نظاما لصنع الخرائط مؤسَّسا على التثليث. استخدم نظام فريسياس مجموعة من نقاط التحكم

على تلال أو مرتفعات يمكن رؤيتها من بُعد.

هــذا النظام الذي طوره فريســياس هو أســاس نظــم صنع الخرائــط اليوم. وهو يشــبه من نواح عــدة عملية التثليث بالبوصلة. وبينما يســتخدم المتجول في المثال الســابق خارطــة بمواقع معروفة مع اتجاهات البوصلــة للعثور على موقعه عــلى الخارطة، على صانع الخرائط أن يبني شــبكة تحكــم مبنية هي الأخرى على التثليث. يوضح الشــكل (46) المبدأ الأساسي لهذه الطريقة. دعنا نفترض أن صانع خرائط يريد أن يحســب المســافة بين قمتي جبلين. يختار زوجا من نقاط التحكم لإجراء القياســات. تقاس المســافة بين نقطتي التحكم بدقة غالبا بشريط قياس، أو بطرق أخرى. تُشــاهَد بعد ذلك القمتان من المحطتين، وتُسجَّل الزوايا مع الشمال الحقيقي. يمكن لصانع الخرائط أن يأخذ هذه المعلومة، ويستخدمها لحساب البعد بين القمتين وأبعادهما واتجاهاتهما بالنسبة إلى نقاط التحكم.

بينما يظهر الشــكل (46) المبدأ الأساسي، فإن عملية إنشاء شبكة من القياسات

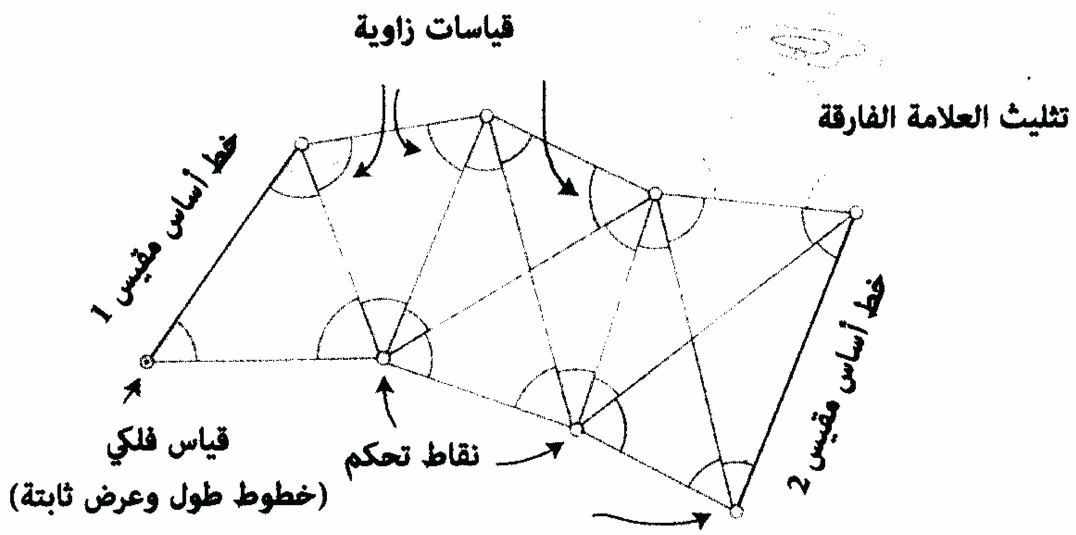


الشكل (46): تحديد موقع قمتي جبلين باستخدام المثلثات من نقاط تحكم على خط أساس معروف.

الخرائطيـــة عملية أكـــثر تعقيدا. يختار صانعـــو الخرائط نقطـــة بداية يكون خط العرض وخط الطول المارّان منها محددين بدقة باســـتخدام الملاحظات الفلكية. ثم تمدد شـــبكة التحكم من خلال إنشاء خط أساس بطول واتجاه معروفين من نقطة البداية. ثم ينشـــئ المساحون شـــبكة من نقاط التحكم في مواقع يمكن رؤيتها من نقطتين أخريين على الأقل.

يوضح الشـــكل (47) شـــبكة تحكم. مـــن كل نقطة من نقـــاط التحكم يقيس المسّـــاحون الزوايا لمحطات مرئية أخرى، بحيث تبنى الشبكة من خلال الملاحظات. على الطرف البعيد من الشـــبكة ينشـــئ صانعو الخرائط خطا أساســـيا ثانيا. يمكن اســـتخدام تحليل للبيانات من الشـــبكة للتنبؤ بطول الخط الأســـاسي الثاني. تعطي المقارنـــة بين الأطوال المحســـوبة مع الأطوال المقيســـة للخط الأســـاسي الثاني بعض الفكرة حول دقة القياس وشبكة التحكم.

فور إنشـــاء شـــبكة التحكم يمكن للمساحين أن يســـتمروا في تعبئة المعلومات



الشكل (47): شبكة تحكم أُسست لخلق خرائط دقيقة. يمد خط أساس من نقطة ما بخط عرض وخط طول معروفين إلى محطة قياس ثانية. تقاس الزوايا بين المحطات بأجهزة دقيقة لصنع شبكة.

مثل موقع العلامات الفارقة الرئيسة، وقمم الجبال والشواطئ والطرقات. يمكن أن تصبح هذه المعلومات أساسا لخارطة تفرض عليها خطوط العرض والطول.

نشر الفلكي الدنماركي تايكو براه خارطة مبكرة استخدمت تقنية فريسياس المؤلفة من شبكة من نقاط التحكم. امتدت شبكته من كوبنهاغن في الشمال إلى كرونبورغ في السويد على مسافة 115 ميلا. حقق في المتوسط دقة وصلت إلى بضع في المائة بمزج التثليث مع المراقبة الفلكية الدقيقة، وهذا تقدم كبير على خرائط من نوع خرائط الموانئ القديمة.

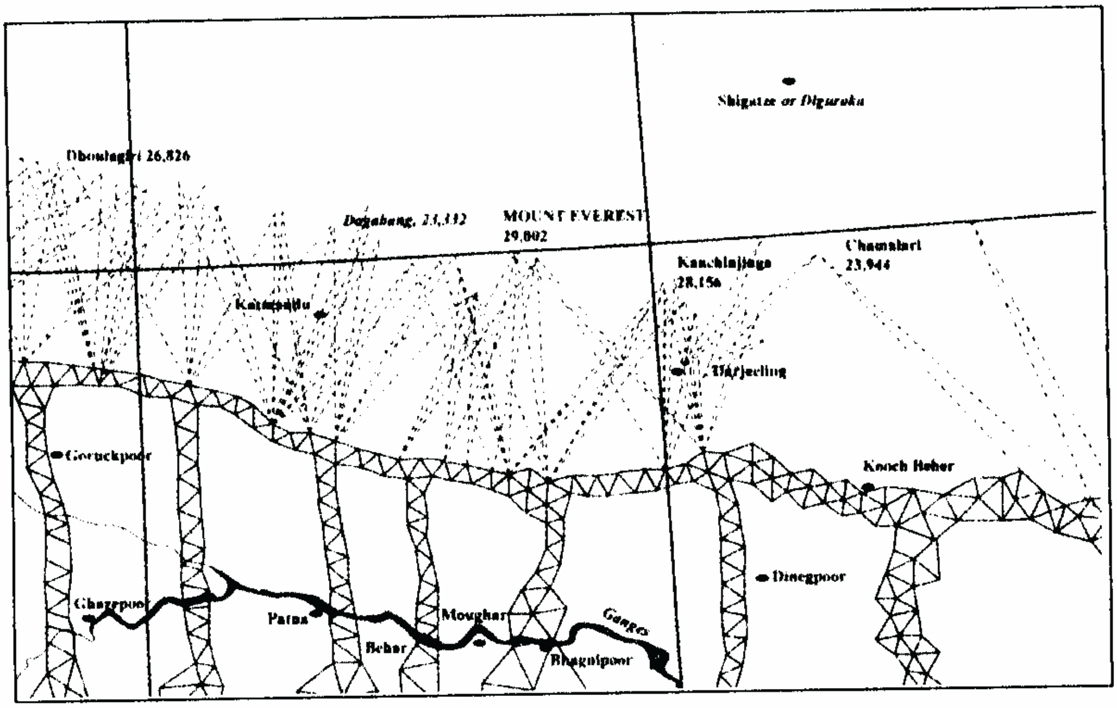
تبع عمل براه أول قياس حديث لانحناء الأرض باستخدام التثليث. استخدم الهولندي ويليبورد سنيل فان رويان (المعروف أيضا باسم سنيليوس) تقنية لخلق شبكة من ألكمار في شمال هولندا امتدت مسافة 85 ميلا إلى بلدة بيغين أوب زوم في الجنوب. كان قياسه لطول درجة خط عرض واحدة، ونشر في العام 1621 دقيقا بحدود 3 في المائة من القيمة الحالية، وأصبح قياسيا للملاحة البحرية في ذلك الوقت.

أُجريت مسوحات للسواحل ولاتزال تُجرى باستخدام التثليث لإنشاء مخططات بحرية. الفرق الرئيس بين المسح المؤسس على اليابسة، وإنشاء المخططات البحرية، هو استخدام سفن راسية كجزء من شبكة. إضافة إلى الخصائص التي قيست على اليابسة، تقوم السفن بسبر أعماق البحر لتخطيط قاعه.

أحد أعظم إنجازات رسم الخرائط كان المسح المثلثي العظيم للهند الذي أجراه البريطانيون في القرن التاسع عشر. كانت لهذا المسح شبكات تحكم بطول آلاف الأميال امتدت على طول شبه القارة وعرضها، بعدد لا يُحصى من محطات التحكم التي خلقت شبكة متداخلة واسعة استخدمت لتحديد المواقع بدقة أفضل من سنتيمتر واحد. خلال هذا المسح قيست ارتفاعات أعالي قمم الجبال من خلال المشاهدة من بعد. كان جبل إيفرست الذي حمل اسم قائد هذا المسح قمة بعيدة صُنفت في الحقل كجزء من هذا المجهود. فقط بعد أن حللت البيانات في لندن عرف أنه أعلى جبل في العالم.

يشكِّل الشكل (48) جزءا من المسح المثلثي، ويظهر عينة من شبكة التحكم ولقطات من مسافة بعيدة لجبال في سلسلة الهملايا. تبدو في الشكل شبكة التحكم مثل شبكة عنكبوتية من الخطوط المتقاطعة، بينما تمثل لقطات الجبال البعيدة

المثلثات التي تمتد إلى ما وراء شبكة التحكم، وتنتهي عند القمم العالية.



الشكل (48): الجزء الشمالي الشرقي من المسح المثلثي العظيم للهند. لاحظ شبكة نقاط التحكم ولقطات الجبال البعيدة في جبال الهملايا. سجلت الارتفاعات وتهجئة الأسماء كما ظهرت في الخارطة الرئيسة الأصلية.

تشـمل تقنيات رسـم الخرائط الحالية اسـتخدام مسـتقبلات تحديد الموقع الجغـرافي GPS، وتقنيات إلكترونية دقيقة بما في ذلـك تحديد المدى بالليزر. لكن هذه التقنية تعمل إلى حد معين، لأنه يجب تحديد المواقع الفيزيائية وتسـجيلها. في كثـير من الأحيـان تعطي أجهزة الـ GPS المحمولة يدويا شـعورا كاذبا بالأمان. فالمسـتنقعات تتحرك، ومواقع الخصائص البارزة - خاصة في الدول غير الصناعية - ربما لا تكون مسجلة بدقة على الخرائط أو في أي قاعدة بيانات. على الرغم من أن مسـتقبل الـ GPS قد يعطي شخصا ما موقعا بدقة أقل من متر واحد، فإن هذا لا يضمن أن الخصائص على الخارطة لا تبدو قريبة من هذه الدقة.

7

النجوم

«خرائط النجوم وعلاقتها بالمواقع على الأرض هي أساس الملاحة السماوية»

تعرف البشر منذ القدم على نماذج في السماء. ربما وُجدت أقدم خارطة نجمية معروفة، تعود إلى 18000 إلى 15000 ق. م تقريبا، في كهف لاسكو في جنوب غرب فرنسا. تظهر هذه الرسوم تجمعات تشبه المثلث الصيفي(Summer Triangle)(*) والثريا (Pleiades) (الموصوفين في الأسفل). لا نعلم بالضبط متى استخدمت النجوم لأول مرة في الملاحة، لكننا نعلم أن شعب لابيتا في المحيط الهادئ غامر بالإبحار من أرخبيل بيسمارك شمال شرقي غينيا الجديدة لمسافة شاسعة من المحيط للاستقرار في جزر بعيدة. بدأت هذه الرحلات نحو 1300 ق. م. ويعتقد أن شعب اللابيتا هم أسلاف العديد من سكان جزر المحيط الهادئ الحاليين.

بحلول العام 800 ق. م حقق اللابيتا عدة قفزات ضخمة عبر المحيط المفتوح من كاليدونيا الجديدة إلى فيجي وتونغا وساموا. لاتزال إستراتيجيات الملاحة لشعب اللابيتا

(*) مثلث متخيل في السماء في نصف الكرة الشمالي بثلاثة نجوم تمثل رؤوسه. [المترجم].

غير معروفة، لكن العديد من ثقافات جزر المحيط الهادئ التي تحدرت من اللابيتا استخدمت نظما ملاحية مبنية على النجوم، مما يقترح وجود أصل مشترك من رحلات أقدم. في الأوديسا يصف هومر البطل أوديس وهو يبحر مستعينا بالنجوم كمرشد له. وعلى الرغم من أن وصفه صيغ بعبارات شعرية، فإنه عملي تماما، ويوضح استخدام نوع من الملاحة السماوية في مياه أوروبية منذ العام 800 ق. م.

ساعدت النجوم في إنشاء روزنامات لتحديد مرور الفصول، واستخدمت وسيلة لمعرفة الطالع. مع البابليين أصبح التنجيم فنا متطورا يربط حركات النجوم في السماء بالقضايا على الأرض. تحكمت النجوم في الحياة اليومية وفي إرشاد المسافر بالليل. نظر كثير من الناس إلى العلاقة بين السماء والأرض كرابطة روحية، كما وصفت في الفصل 38 من سفر أيوب (Job):

هل يمكنك ربط التأثيرات الجميلة للثريا، أو إرخاء روابط جبار Orion؟
ألا تستطيع أن تجلب مازاروث(*) في فصله؟
أو ألا تستطيع أن توجه السماك Arcturus مع أبنائه؟
هل عرفت نظام السماء؟ أتستطيع وضع السلطة على الأرض؟
العهد القديم، سفر أيوب 38:31-33.

في هذا المقطع فإن معنى كلمة «مازاروث» غامض بعض الشيء، لكن العديد من علماء التوراة اعتبروا أنها تعني مرور النجوم خلال العام، واستخدامها كتقويم. يعود سفر أيوب إلى العام 400 ق. م تقريبا، لكنه مؤسس ربما على نصوص أقدم.

مع اختراع فكرة الأرض ككرة من قبل اليونان نحو 500 ق. م أمكن إنشاء جداول من خطوط الطول والعرض للمدن الرئيسة. استخدمت خرائط النجوم نظاما مشابها وسمحت بتطوير علمي الفلك والتنجيم بشكل أكبر. عندما مرت أوروبا الغربية بالعصور الوسطى المبكرة، التقط العلماء المسلمون شعلة العلم، وطوروا فنون علم الفلك والرياضيات. في نحو 1100م. بدأت هذه المعرفة ترشح مرة أخرى إلى أوروبا مع ترجمة الأعمال من اللغتين العربية واليونانية. بدأت

(*) لا يمكن على وجه اليقين، تحديد معنى الكلمة Mazzaroth، فهي تشير تقريباً إلى كوكبة ولها دلالة مبهمة في التنجيم، ويمكن تقدير دلالتها بمقاربة فيلولوجية من العبرية القديمة إلى الحظ الطيب. [المحرر].

الحقبة الحديثة من الملاحة بالنجوم مع جهود البرتغاليين في القرن الخامس عشر في تعديل الجداول الفلكية لاستخدامها على السفن.

في أيامنـــا هذه لا يلحظ الناس النجوم أو نادرا ما يفعلون ذلك. يعود جزء من هذا إلى التلوث الضوئي بالقرب من المناطق الحضرية. ويعود جزء آخر إلى الأهمية الضئيلـــة للنجوم نظرا إلى توافر مفكرات وســـاعات دقيقة وأجهـــزة GPS. وبينما يســـتطيع القلائل من البشر الآن تســـمية نجم واحد، فضلا عن استخدام النجوم في الملاحة، كثيرا ما تظهر قصة معاصرة لشخص لايزال يمتلك تلك المهارات.

عمل مارك أوبريير لوكالة الاســـتخبارات الفرنســـية (DGSE) في مقديشـــو في الصومـــال. اختطف في يوليو من العام 2009 من قبل مجموعة إســـلامية متطرفة، وأخذ سجانوه حذاءه لمنعه من الهرب. لقب بجيمس بوند الفرنسي من قبل وسائل الإعلام، واستطاع الهرب في النهاية. انتظر ليلة كانت فيها الرياح عاتية لتغطي على أي صوت. أهمل الحراس إغلاق باب زنزانته. وفي 25 أغســـطس انســـل بهدوء إلى شـــوارع مقديشو المقفرة في منتصف الليل. في البداية كان مشوشا بسبب الشوارع المظلمة في أخطر مدينة في العالم لكنه نجح في استعادة إحساسه بالاتجاه باستخدام النجوم للعثور على طريقه. في مقابلة له مع راديو فرانس قال: «مشيت لمدة خمس ساعات في الليل للوصول إلى مقصدي، مهتديا بالنجوم» [(1)، (2)].

تسمية النجوم

على النقيض من الشمس والقمر والكواكب فإن النجوم لا تتحرك من مواقعها بعضها بالنســـبة إلى بعض في الســـماء، مما يجعلها مثالية لأغراض الملاحة. القضية الرئيســـة بالنســـبة إلى أي ملاح هـــي القدرة على التعرف عـــلى النجوم بسرعة، ثم ترجمة الملاحظات إلى معلومات حول الموقع والاتجاه. أصف في الأســـفل بعض أكثر المجموعـــات النجمية شـــيوعا وخصوصا تلك التي ترى من نصف الكرة الشـــمالي. بالنســـبة إلى معظم النـــاس فإن أول تعرض للنجوم هـــو لمجموعات يمكن التعرف عليها بســـهولة، لكن الرؤية تقتصر على بقعة صغيرة من الســـماء. مع بعض الجهد يمكـــن أن تظهر صورة أكثر شـــمولا تشـــمل مواقع النجوم وعلاقتهـــا بالأماكن على الأرض. يمكن لأشخاص على دراية بالنجوم أن يأخذوا نظرة مختصرة نسبيا إلى رقعة من الســـماء والتعـــرف مباشرة على ما يرونه وتوجيه أنفســـهم بسرعة. هذا مماثل

لرؤية منظر مألوف، وإدراك الاتجاهات فورا بالغريزة. وكما هي الحال بالنسبة إلى الخبرات الأخرى فإن هذا يتطلب مرانا. في كثير من الحالات تساعد أسماء النجوم والتجمعات والأساطير حولها في عملية التعلم.

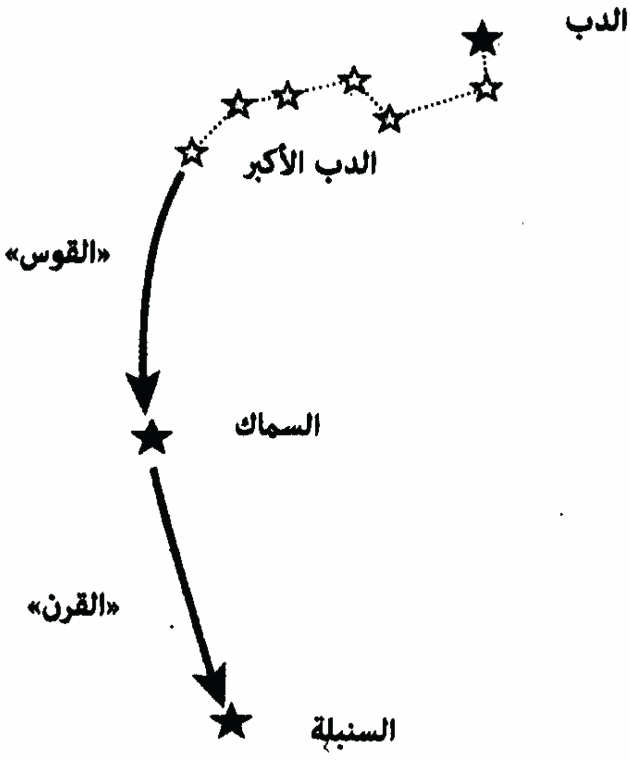
الدب الأكبر (Big Dipper) والدب (Dubhe) والسماك (Arcturus) والسنبلة (Spica)

الدب الأكبر هو أشهر المجموعات النجمية عالميا. يبرز الدب الأكبر في السماء أثناء الليل على شكل سبعة نجوم لها اللون والحجم ذاته. ارتباط مجموعة الدب الأكبر بالدب العادي شائع جدا. اليونانيون والعديد من الأمريكيين الأصليين رأوه على شكل دب. رآه آخرون على شكل محراث، أو قربة ماء. دعاه الرومان القدماء (Septentrions) أو ثيران الفلاحة السبعة. في الطقوس الهندوسية يدعى (Saptarishi) أو «الحكماء السبعة». لاحظ الكلمة الهندوأوروبية المشتركة للكلمة سبعة (sept) و(septa) في اللاتينية والسنسكريتية. أصبحت الكلمة سيبتنتريونس ملازمة لـ «الشمال» في اللاتينية. في إنجلترا وإيرلندا يدعى الدب الأكبر غالبا المحراث النجمي. في أنحاء من اسكندنافيا يدعى أحيانا Karlsvognen والتي تعني «عربة تشارلز».

في الطرف العلوي البعيد من المجموعة هناك النجم (Dubhe) من الكلمة العربية «دب». تخدم قبضة الدب الأكبر كمؤشر إلى نجمين براقين جنوبا: السماك والسنبلة (الشكل 49). هذه النجوم ترى غالبا بعد الغروب مباشرة باتجاه الغرب. يخبرك استخدام جهاز جينغل (jingle) لتحديد موقع هذه النجوم بأن تتبع قبضة الدب الأكبر إلى نجمي السماك والسنبلة:

القوس إلى السماك، والقرن إلى السنبلة.

تساعدنا هذه المقولة في تحديد مواقع النجوم الأشد بريقا في هذه الرقعة من السماء، حيث يصبح تحديدها مؤكدا لو تذكرت ارتباطها بعضها ببعض. السماك هو جزء من تجمع العواء (Bootes) أو رجل المحراث الذي سمي هكذا، ربما لأنه «يقود» محراث الدب الأكبر. السنبلة هي أشد النجوم في Virgo (العذراء) بريقا. رقعة السماء إلى الغرب من السنبلة والسماك خالية من النجوم تقريبا، ولا يوجد فيها سوى عدد قليل من النجوم البراقة.



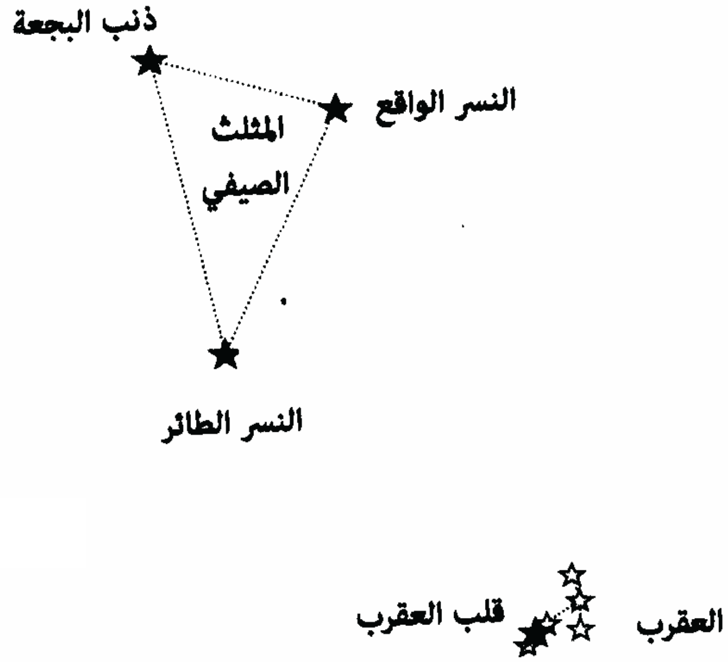
الشكل (49): تحديد النجوم: الدب والسماك والسنبلة. تذكر العبارة «القوس إلى السماك، والقرن إلى السنبلة» باتباع قبضة الدب الأكبر في قوس يتجه جنوبا.

في الشكل (49) ومعظم الأشكال حول البروج التي تتبعه، يكون الغرب إلى اليمين، والشرق إلى اليسار والشمال في الأعلى. ربما يبدو هذا الاصطلاح لأول وهلة معكوسا، لكنه يسمح بتقديم المواقع النسبية للنجوم كما ترى من قبل مراقب على الأرض، وهو ينظر إلى السماء ورأسه متوجه نحو الشمال. وهذا هو الاصطلاح الشائع لمخططات النجوم.

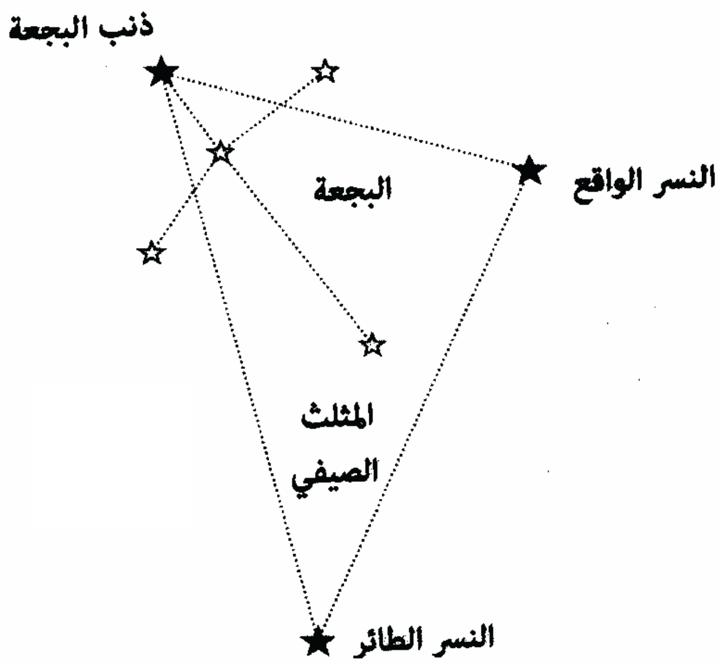
المثلث الصيفي وبرج العقرب (Scorpio) وقلب العقرب (Antares)

ارتباط النجوم بالفصول شائع بالنسبة إلى النماذج التي ترى بعد غروب الشمس مباشرة. في نصف الكرة الشمالي فإن المثلث الصيفي (الشكل 50) الذي يقع إلى الشرق من السماك والسنبلة، موجود في أعلى السماء بعد الغروب مباشرة في أشهر الصيف من يوليو وأغسطس مغطيا قوسا كبيرا في السماء. النجم الغربي في المثلث هو النسر الواقع (Vega) في تجمع القيثارة (Lyra). للنسر الواقع مسحة بيضاء مزرقة، ويستخدم من قبل الفلكيين كمقياس لمقدار لمعان النجوم. يقع ذنب

البجعة (Deneb) إلى الشرق من النسر الواقع وإلى الشــمال قليلا منه. البجعة هي النجم Cygnus (الشــكل 51). وكثيرا ما يدعى الصليب الشمالي حيث يوجد ذنب البجعة في رأس الصليب. يشكل النسر الطائر (Altair) في العقاب (Aguila) القمة الجنوبية للمثلث الصيفي.



الشكل (50): المثلث الصيفي وقلب العقرب في برج العقرب.



الشكل (51): تفاصيل أكثر حول المثلث الصيفي تظهر البجعة المعروفة أيضا بالصليب الشمالي.

لو نظرت إلى جنوب النسر الطائر وغربه، يمكنك العثور على تجمع العقرب. في منتصف ذيل العقرب هناك نجم أحمر برتقالي لامع هو قلب العقرب. برج العقرب هو إحدى أبرز إشـارات البروج. عندما تمر الشـمس عبر برج العقرب، فإنها تتجه إلى أبعد نقطة جنوبا خلال العام. ومثل المثلث الصيفي يظهر برج العقرب أيضا في أشهر الصيف يونيو ويوليو وأغسطس.

وبينما ترى نجوم المثلث الصيفي وقلب العقرب حتى في المدن الكبيرة في الليل، فإنك لو ابتعدت عن التلوث الضوئي وذهبت إلى البرية، فسترى قوس درب التبانة (Milky Way) عبر السماء الجنوبية باتجاه برج العقرب.

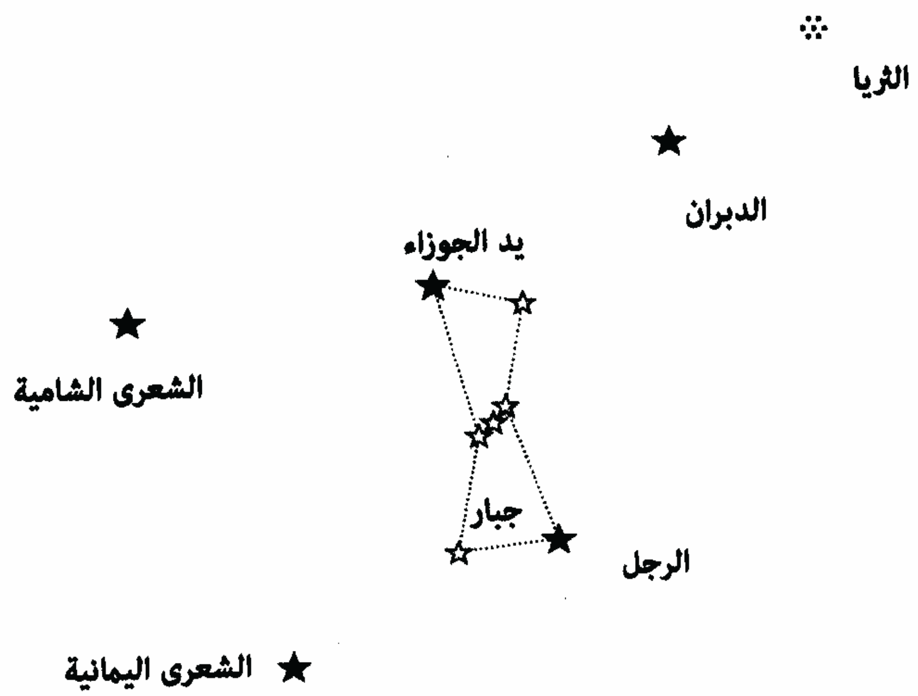
نجوم الشتاء

على النقيض من المناطق الخالية في السماء غرب السماك والسنبلة، فإن السماء في الشـتاء غنية بالنجوم. في الشـتاء بعد غروب الشـمس مباشرة يظهر تجمع من سبعة نجوم في غرب السـماء، كلها ملونة باللون الأزرق وتشكل بمجموعها رقعة ضبابيـة براقـة. هذه النجوم هي الثريا أو الأخوات السـبع، وكلهـا بنات العملاق أطلس في الأسـطورة اليونانية. تحكي قصة الأخوات السـبع أن النجم الصياد جبار طاردهـن. ينصح الشـاعر اليوناني هيزيود من يود أن يصبـح بحارا بأن يبقى على الشاطئ عندما يظهر تجمع الثريا:

لكن لو طغت عليك الرغبة في رحلة بحرية غير مريحة لك
عندما تغوص الثريا في البحر الغائم
هاربة من بطش جبار القوي
عندها تهب رياح قوية من كل نوع
وعندها لا تبقى السفن فوق البحر المتلألئ
لكن فكّر في زرع الأرض كما أنصحك[3].

في إحـدى الحكايات تضـع الآلهـة Taurus الثور شرق الثريـا لحمايتهن من جبار. يظهر الشـكل (52) المواقع النسـبية للثريا، والدبران (Aldebaran) وجبار. عين الثـور Taurus هي النجم الأحمر البرتقالي الدبران، والذي يظهر في أسـطورة

اكتشـــاف هاواي واســـتيطانها. وكما رواها عالم الإنســـانيات بروس كارترايت تذكر أســـطورة هاواي - آيوا الدبران على أنه نجم مرشد: «دعنا نبحر باتجاه Iao (النجم الشرقي) مكتشـــف اليابســـة... هناك أرض باتجاه الشرق، وهنا نجم أحمر Hoku Ula (الدبـــران) يرشـــدنا، والأرض موجودة هناك باتجاه تلـــك النجوم الكبيرة التي تشبه الطائر»[4].



الشكل (52): المواقع النسبية للثريا والدبران ويد الجوزاء (Betelgeuse) والرجل (Rigel) والشعرى الشامية (procyon) والشعرى اليمانية (Sirius) في السماء في فصل الشتاء.

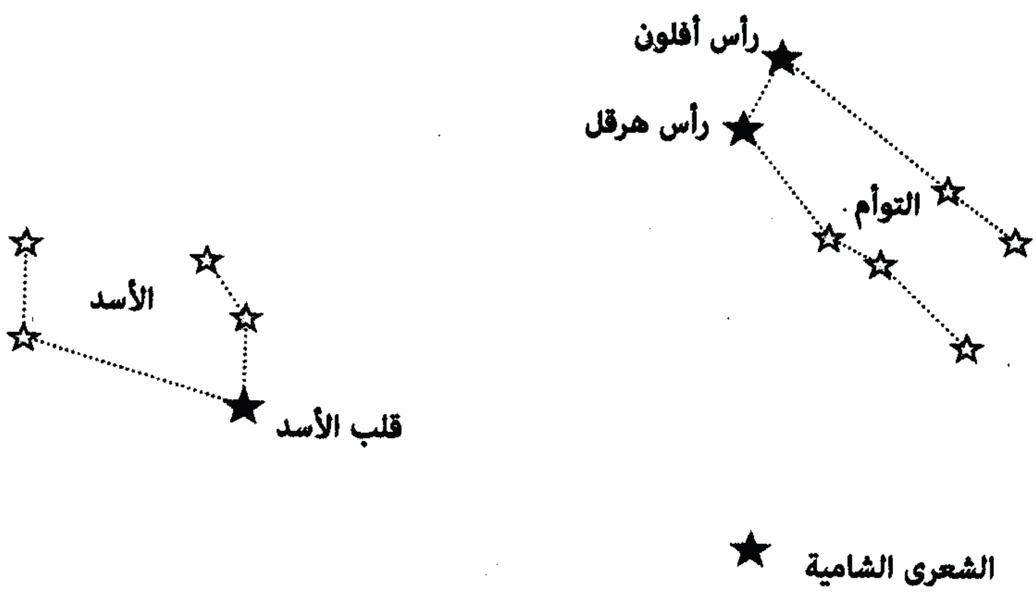
النجم جبار مهم للملاح أيضا: فهو يقع على خط الاســـتواء السماوي، وهو خط وهمي يقســـم السماء إلى نصفي كرة شـــمالي وجنوبي. يشرق هذا النجم من الجهة اليمنى شرقا، ويغرب غربا بالنسبة إلى المراقبين جميعهم بغض النظر عن مواقعهم على الأرض. الكتف العلوية إلى الشمال هي النجم الضخم يد الجوزاء، والنجم على الطرف الأيمن في الأسفل هو الرجل، الذي يشكل الرجل الغربية لجبار.

إلى الـــشرق من جبار هناك كلبـــا الصيد الأمينان لـــه: Canis Major (الكلب الكبـــير) وCanis Minor (الكلب الصغير). الشـــعرى اليمانية في الكلب الكبير هو

أكثر النجوم بريقا في السماء. مثّل شروقه قبل الشمس مباشرة في الصباح قدوم فصل فيضان النيل بالنسبة إلى المصريين القدماء. اعتقد الكثيرون من اليونانيين والرومان القدماء أن حرارة الشمس وظهور الشعرى اليمانية هما سبب قدوم فصل الصيف، ومنه جاء الاسم «أيام كلب». الشعرى الشامية هو النجم اللامع في الكلب الصغير، ويظهر إلى الشمال الشرقي من الشعرى اليمانية. يظهر الشكل (52) أيضا مواقع الشعرى الشامية والشعرى اليمانية بالنسبة إلى النجم جبار.

نجوم الربيع

بالتحرك أكثر نحو الشمال والشرق من كلبي جبار، نصادف تجمعات التوأم (Gemini) والأسد (Leo) (الشكل 53). يؤشر ظهور التوأم والأسد في السماء بعد غروب الشمس إلى مجيء الربيع. يعرف التوأم على أنه النجمان التوأم رأس أفلون (Castor) ورأس هرقل (Pollux)، واللذان لهما اللون نفسه تقريبا. النجم الأبعد نحو الجنوب رأس هرقل أشد لمعانا بقليل.



الشكل (53): الأسد والتوأم والشعرى الشامية.

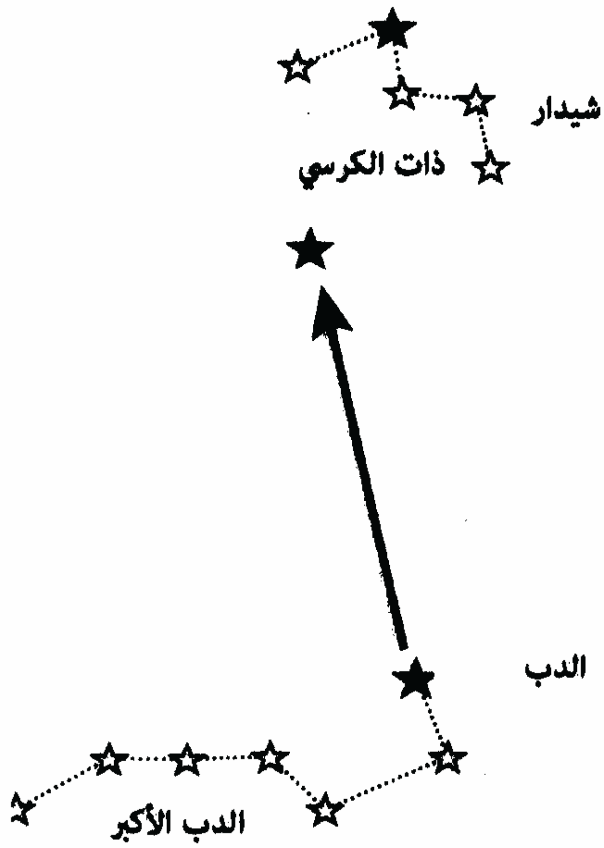
إلى الشرق من التوأم هناك الأســد. وأشد النجوم بريقا في الأسد هو قلب الأسد (Regulus). والذي له لون أبيض مزرق. يظهر الشكل (53) المواقع النسبية لقلب الأســد ورأس هرقل والشــعرى الشــامية. يقع رأس هرقل إلى الشــمال تقريبا من الشــعرى الشــامية، لذا فالخط الواصل بينهما يخلق اتجاها بين الشمال والجنوب يمكن الاسترشــاد به. إلى الجنوب من قلب الأســد هناك نجم واحد لامع وهو الفرد (Alphard) في تجمع الشجاع (Hydra). يقع هذا في منطقة تحوي عددا قليلا من النجوم اللامعة، وتعكس تسميته «الفرد» في اللغة العربية هذا المعنى.

عندما نتجه إلى الشرق مرة أخرى من قلب الأســد، نصادف الســماك والسنبلة مرة أخرى، مكملين حلقة الفصول في سماء الليل.

النجوم القطبية

بالعودة إلى الشــمال مرة أخرى، يمكننا العــودة لزيارة الدب الأكبر. ربما كانت أشــهر طريقة لتحديد الشمال في العصور الحديثة هي استخدام الدب الأكبر ليدلنا على نجم القطب الشــمالي (Polaris) (انظر الشــكل 54). لو تتبعت نهاية قبضة الدب الأكبر خلال نجم الدب فإنه يشــير إلى نجم الشــمال على ذيل الدب الأصغر (Ursa Minor). لم يكــن نجم القطب الشــمالي هو نجم القطــب دوما. فمحور دوران الأرض يتأرجــح، مســببا ظاهرة تدعى تقدم الانقلابــين. في زمن كولومبوس كان نجم القطب الشــمالي يدور حول القطب الشمالي عند مسافة نحو 4 درجات. وعندما ألف هومر الأوديســا كان نجم القطب الشــمالي مجــرد نجم صغير يبعد 11 درجة من القطب الشــمالي، ولا أهمية له. هناك القليل من الإشــارات إلى نجم القطــب الشــمالي في العصور القديمة، هذا إن وجدت أصــلا. بدا هذا النجم يظهر فقــط في عصور الاكتشــافات الغربية في القــرن الخامس عــشر. الآن لا يقع نجم القطب الشــمالي في القطب الشمالي الســماوي تماما، لكنه يبعد عنه بـ 44 دقيقة قوسية تقريبا.

يقع النجم الكرسي (Cassiopeia) على الطرف الآخر من نجم القطب الشمالي بالنسبة إلى الدب الأكبر. كاسيوبيا (ذات الكرسي) هو اسم ملكة إثيوبيا في الأسطورة اليونانيــة. يبدو البرج المميز على شــكل الحرف W عندما يكــون قريبا من الأفق،



الشكل (54): العثور على نجم القطب الشمالي من الدب الأكبر وموقع شيدار في ذات الكرسي.

لكنه يدور حول القطب الشـــمالي، ويظهر في الجزء العلوي منه على شـــكل الحرف M. ميزت الثقافات العربية هذا التجمع على شـــكل جمل راكع، بينما ميزه سكان الشمال على أنه على شكل قرني غزال. أشد النجوم بريقا في ذات الكرسي هو النجم شيدار (Schedar)، والذي يشكل الزاوية السفلى الشرقية للحرف W.

في خطـــوط العرض الشـــمالية يكون الدب الأكـــبر وذات الكرسي كلاهما قطبي تماما (circumpolar)، مما يعني أنهما يدوران حول القطب الشـــمالي، ولا يغيبان أبدا. تظهر طبيعة الدب الأكبر القطبية وشكله المميز في اتجاهات الإبحار، لأن من الممكن رؤيته في الليل في أي وقت من العام فوق خط عرض 35 درجة.

في الأوديســـا يكتب هومر حول اســـتخدام الـــدب الأكبر لتحديـــد الاتجاه. في الافتتاحية، كان أوديســـيس أســـيرا لمدة ســـبعة أعوام من قبل كاليبسو على جزيرة أوجيجيـــا. تطلق كاليبســـو في النهاية سراح أوديســـيس الذي يبنـــي طوافة، ويتّبع إرشـــادات الإبحار لكاليبســـو حتى جزيرة الفيســـيان التي يعتبرها الكثيرون جزيرة كورفو الآن. في هذا المقطع الشهير تغنى الرحلة على الشكل التالي:

الريح وقد رفعت معنوياته عاليا، ينشر الملك أوديسيس شراعه -
قابضا على المقود، جالسا في المؤخرة -
والآن يوجه البحار الخبير قاربه،
نائما، لكنه لا يغمض عينيه أبدا، يتطلع دوما
إلى النجوم، الثريا، ورجل المحراث حتى الغياب
والدب الأكبر الذي يدعوه البشر بالعربة:
إنها تدورعلى محورها الثابت دوما، تراقب الصياد
وهي وحدها التي لا يسمح لها بالغوص في حمام المحيط.
هذه كانت النجوم التي أخبرته الإلهة الجميلة أن يحافظ عليها بينما يمخر عباب البحر
أبحر سبعة عشر يوما، متقدما بشكل جيد،
وفي اليوم الثامن عشر تلوح ظلال جبال جزيرة الفيسيان ببطء وهي تقترب منه الآن
فوق الأمواج الغائمة بارزة كأنها درع [5].

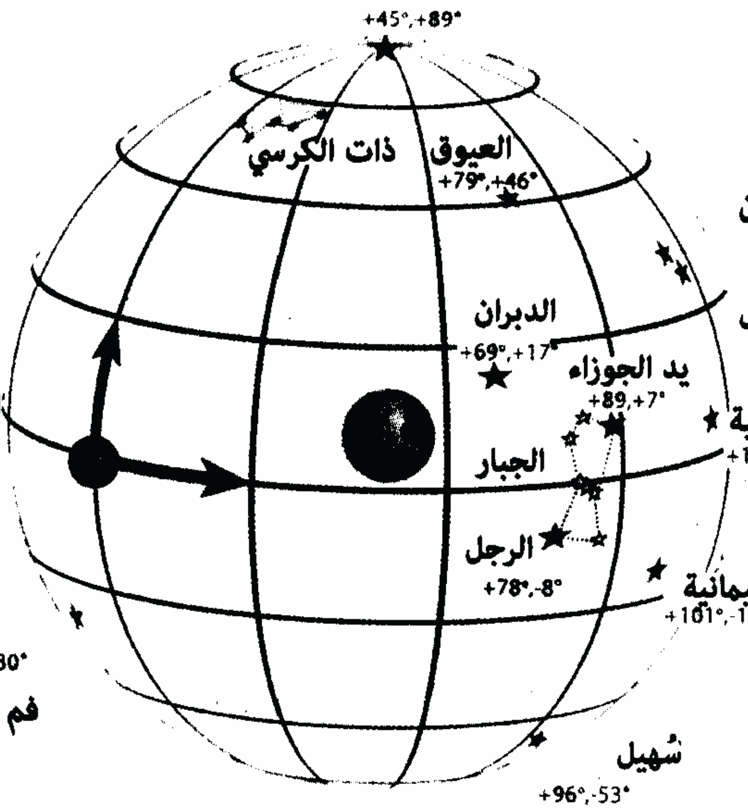
عنـد خط عرض جزيـرة كورفو يكون الدب الأكبر قطبيـا، مما يعني أنه يدور حول القطب الشـمالي، ولا يغيب أبدا. من هنا جاءت عبارة «تدور حول محورها» و«لا يسـمح لها بالغوص». يتجه رأس الدب الأكـبر إلى الشرق تقريبا، وإلى الصياد «جبار». أرشدته كاليبسو إلى أن يحافظ على الدب الأكبر إلى يساره، وهذا يعني أنه أبحر شرقا لمدة سبعة عشر يوما.

ثلاث خرائط

توجـد النجوم في فضاء ثلاثي الأبعـاد. وغالبا ما تكون النجوم الأكثر عتمة أبعد مـن النجوم الأشـد بريقا. لكن مـن الوهلة الأولى نتصور النجوم في السـماء كأنها على سـطح قبة. بالنسبة إلى الملاح السـماوي فإن هذا التصور يعمل بشكل جيد، على الرغم من أنه بالنسـبة إلى الفلكيين فإن طبيعة مواقـع النجوم ثلاثية الأبعاد الصحيحة يمكن أن تكون مهمة جدا، وعلى الأخص بالنسبة إلى النجوم الأقرب.

مثل الخرائط سـواء أكانت حقيقية أم عقلية، يمكننا تخيل مواقع النجوم بوضعها عـلى خريطة من نـوع ما. خرائط النجـوم وعلاقتها بالمواقع على الأرض هي أسـاس الملاحـة السـماوية. لفهم هذا نحتـاج للتعرف على ثلاثة أنواع مـن الخرائط: واحدة

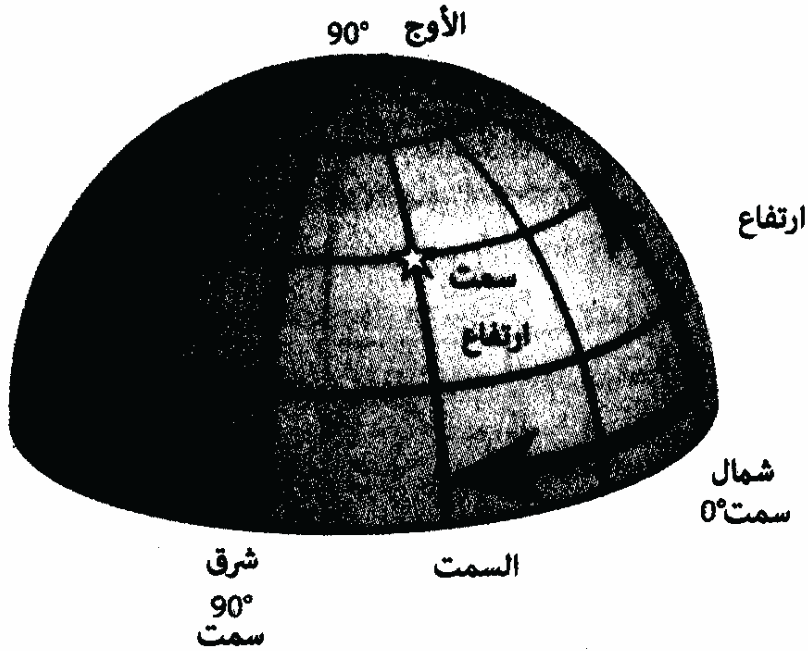
تتركز حول المراقب، وأخرى حول الأرض، وثالثة حول السماء. يظهر الشكل (55) بعض النجوم التي ذكرت سابقا في وضع أكثر شمولية. يمكنك رؤية أن النجم جبار يدور فوق خط الاســتواء، بينما يدور كل من رأس أفلــون ورأس هرقل عند خط عرض أعلى من ذلك، ويبقى نجم القطب الشــمالي ثابتا فوق القطب الشمالي. يظهر الشكل خريطتين من الخرائط الثلاث في العمل: خريطة للأرض وأخرى للسماء.



الشــكل (55): المواقع النســبية لبعض النجوم والتجمعات الرئيســة الموصوفة أعلاه نسبة إلى مواقع على الأرض.

1 - خرائط مؤسســة على المراقب (الشــكل 56): الارتفاع والســمت هما اسما المحورين. يحدد هذان المحوران موقع الأجسام في السماء، بناء على ما تــراه من نقطتك المفضلة عــلى الأرض. وظيفة الملاح هي معرفة موقعهِ على الأرض، بناء على رؤيته المحلية للســماء. تبدو الســماء كقبة كبــيرة تلتصق النجوم بســطحها. يعبر النظام المؤســس على المراقب عن مواقع النجوم على سطح هذه القبة.

عـلى الرغم مـن أن الأرض منحنية، فإنها تبدو منبسـطة محليا، على شكل سطح كبير يمتد حتى الأفق. الأوج (zenith) هو النقطة فوقك مباشرة كمراقب. زاوية السـمت (azimuth) هي الزاويـة التي تدور حول الأفق باتجاه عقارب الساعة، حيث تبدأ من الشمال بدرجة 0 وتمتد 90 درجة إلى الـشرق، و180 درجة باتجاه الجنـوب و270 درجة باتجاه الغرب، ثم تلف إلى 360 درجة أو 0 مرة أخرى عند الشمال. تدعى الزاوية فوق الأفق زاوية ارتفاع النجم (altitude)، وتمتد من 0 درجة عند الأفق تماما حتى 90 درجة عندما يكون النجم في الأوج فوق الرأس مباشرة.



الشكل (56): نظام للنجوم مبني على المراقب حيث تدعى الزاوية من جهة الشمال على طول الأفق السمت، والزاوية فوق الأفق الارتفاع.

تتقارب الخطوط ذات السمت الثابت عند الأوج. ونتيجة لذلك، فليس للنجوم في الأوج مباشرة سـمت محدد جيدا، ولا تساعد في تحديد الاتجاه. بينما يمكن استخدام النجوم القريبة من الأفق كنوع من البوصلة الطبيعية. اسـتخدم العديد من الملاحين التقليديين في جزر المحيط الهادئ، ولايزالون، نجومـا قرب الأفق لتحديد الاتجاه وهم في البحـر. يمكن أن تكون النجوم القريبة من الأوج مفيدة في تحديد خطوط العرض، ويعتقد أن سكان جزر المحيط الهادئ اسـتخدموا هذه الطريقة في حقبـة الرحلات الطويلة قبل احتكاكهم بالغرب.

خـــط الزوال (meridian) هو قوس وهمي في الســماء يمتد من الأفق عند الشـــمال الحقيقي (0 درجـــة) إلى الأوج، ثم رجوعـــا إلى الأفق جنوبا. نتيجة لدوران الأرض تبدو الأجســـام السماوية كأنها تتحرك من الشرق نحو الغرب حيث تشرق في مكان ما شرق خط الزوال، ثم تعبره عند أعلى ارتفاع لها، ثم تغرب في مكان ما غربه. اللحظة التي يعبر فيها جســـم سماوي هذا الخط تدعى المرور بخط الزوال. يأتي الاســـم من اللاتينية (meridies) التي تعني حرفيا «منتصف النهار» لمرور الشمس إلى الجنوب الحقيقي.

2 - مؤسســـة على الأرض (الشكل 57): خط العرض وخط الطول وهما المحوران اللذان يحددان المواقع على ســـطح الأرض. أحد أهداف استخدام النجـــوم للملاحة هو تحديد موقع ثابـــت، وهو موقع محدد يمكن مقارنته بالخارطة، أو بجدول لخطوط الطول والعرض.



الشكل (57): خطوط الطول والعرض. خط الاستواء هو خط العرض صفر، وخط الزوال الرئيس هو خط الطول صفر.

تحيـــط خطوط العرض بـــالأرض ممتدة من الـــشرق إلى الغرب، حيث يكون خط الاســـتواء عند الدرجة صفر. تمتد خطوط العرض الموجبة شمالا من خط الاســـتواء، بينما تعطى خطوط العرض جنوب خط الاستواء إشارة سالبة. يقع القطب الشمالي عند خط عرض 90+ درجة، أو 90 درجة شمالا. ويقـــع القطب الجنوبي عند خـــط عرض – 90 درجـــة أو 90 درجة جنوبا. تدعى خطوط العرض أحيانا المتوازيات (parallels)، لأنها لا تلتقي أبدا في نقطة واحدة، ولكن بعضها يوازي بعضا.

تمتد خطوط الطول من الشمال إلى الجنوب، عابرة خط الاستواء وخطوط العرض بزوايا قائمة. يأتي مصطلح تقسيم العالم إلى نصف كرة شرقي ونصف كرة غربي من وصف بطليموس لنصف عالم مأهول يمتد نحو الشرق من خط زوال رئيس أو خط طول صفر. كان اختيار بطليموس لخط الطول صفر هو أبعد نقطة إلى الغرب من اليابسة المعروفة في ذلك الوقت، والتي دعاها الجزر السعيدة، ومن المحتمل أنها كانت جزر كناري الحالية. استخدم نظامه قيما موجبة فقط لخطوط الطول بالنسبة إلى المواقع في النصف المعمور. بالنسبة إلى الناس الذين يعيشون في النصف الشرقي أو الغربي، نستخدم قيما سالبة للغرب، وقيما موجبة للشرق بدءا من خط الزوال الرئيس. تتدرج القيم من -180 درجة إلى 180+ درجة، أو من 180 غربا إلى 180 شرقا.

اختيار خط الطول صفر أو خط الزوال الرئيس اصطلاحي. في الجداول العربية وجداول القرون الوسطى لخطوط الطول والعرض كان هناك عدد من خطوط الزوال الرئيسة المختلفة، مما سبب نوعا من الفوضى. حتى القرن التاسع عشر، استخدمت دول مختلفة مواقع مختلفة لخطوط الزوال الرئيسة لديها. لكن هذا الأمر حسم أخيرا في مؤتمر خط الزوال العالمي الذي انعقد في العام 1884 باستخدام المرصد الملكي البريطاني في غرينتش كمرجع أساس لخط الطول. تجتمع خطوط الطول عند القطبين بالطريقة نفسها التي تلتقي فيها خطوط السمت في الأوج بالنسبة إلى نظام المراقب على الأرض.

بينما يستطيع الملاح تحديد خط العرض بدقة بطرق مختلفة مستخدما ارتفاع النجوم، فإن تحديد خط الطول بدقة أصعب من ذلك بكثير. تدور الأرض حول نفسها مرة كل أربع وعشرين ساعة، ويرى الملاح عند خط طول معين السماء تمر فوقه بالشكل ذاته تقريبا، بغض النظر عن خط العرض الموجود فيه. بقي هذا الأمر مشكلة ملاحية رئيسة حتى جرى تبني الموقّت ((chronometer على نطاق واسع كوسيلة لتحديد الأوقات بشكل مطلق.

3 - الخرائط السماوية (الشكل 58): الميل (declination) وخط الطول السماوي هما المحوران اللذان يحددان المواقع على خارطة السماء. يعيد هذان المحوران استخدام نظام خطوط العرض والطول من الخرائط

الأرضية، لكن بأسماء مختلفة قليلا. لو أسقطنا كل جسم في السماء مباشرة على سطح الأرض في لحظة ما، فسيكون لكل من هذه الأجسام قيمة بالنسبة إلى خط الطول والعرض يمكننا استدعاؤها. لو كان كل شيء في السماء ثابتا بالنسبة إلى الأرض، يمكننا فقط استخدام أسماء خطوط الطول والعرض للنجوم في السماء، لكن بما أن الأرض تدور حول محورها وتدور حول الشمس، علينا أن نعطي النجوم خارطتها الخاصة بها، والتي تعكس نظام خطوط العرض والطول بأقرب ما يمكن[7].

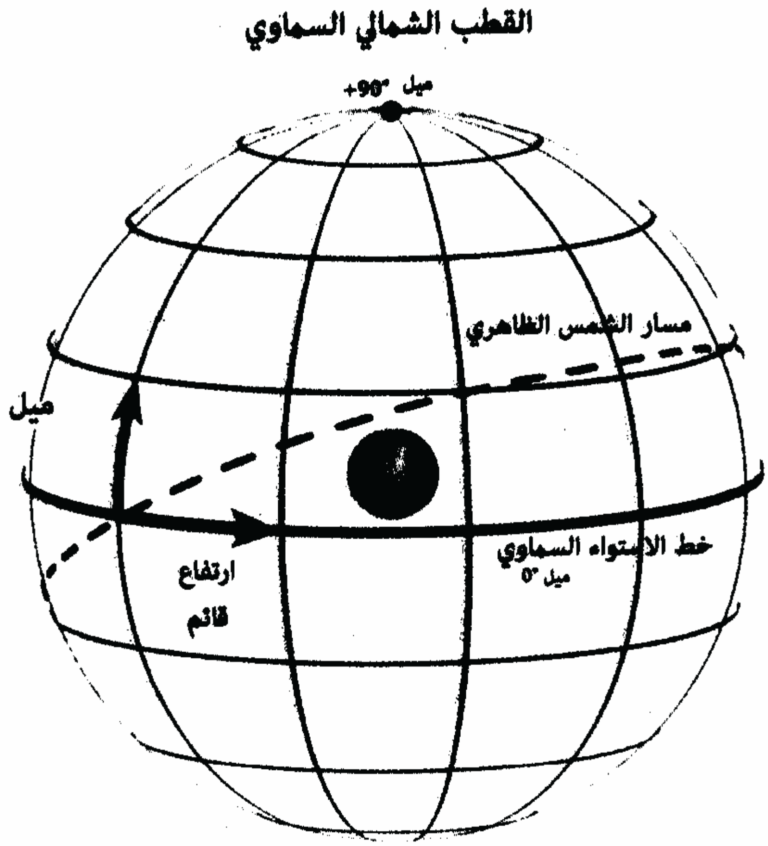
هناك تماثل واضح بين الخارطة السماوية والخارطة الأرضية. فوق خط الاستواء الأرضي يحلق خط الاستواء السماوي. وفوق القطب الشمالي والجنوبي للأرض، يحلق القطب الشمالي السماوي، والقطب الجنوبي السماوي. زوايا النجوم شمال خط الاستواء السماوي وجنوبه هي المقابل لخطوط العرض، وتدعى الميل. يمكننا أيضا أن ندعوها «خطوط عرض سماوية» إذا شئنا، وربما يكون هذا المصطلح أكثر توصيفا، لكن «الميل» مصطلح تاريخي. مثل خطوط العرض، فإن خطوط الميل مجموعة من الدوائر المتوازية التي تمر من الشرق إلى الغرب عبر السماء. كما بالنسبة إلى خطوط العرض فإن لخط الاستواء السماوي ميلا يعادل الصفر درجة، ويمر شمالا حتى 90+ درجة عند القطب السماوي الشمالي، و- 90 درجة عند القطب السماوي الجنوبي.

يسمح ميل النجوم الرئيسة للملاح بأن يقرن هذه النجوم بمواقع على الأرض. نجم بميل يساوي خط عرض موقع على الأرض سيمر بأوجه مرة في اليوم. بمعرفة ميل نجم رئيس يمكن للملاح أن يتتبع خط عرضه بمعرفة ارتفاعه عند المرور بخط مرور زواله.

أتعرف على مكافئ خط الطول بخط طول سماوي. لخطوط الطول السماوية الخصائص نفسها كما لخطوط الطول الأرضية وتمتد من 180+ درجة إلى - 180 درجة، أو يمكن تسميتها بخطوط طول سماوية شرقية وغربية.

المعادل لخط الزوال الرئيس في الخرائط السماوية اصطلاحي كما في الخرائط الأرضية.

تدور الأرض حول الشمس، ويخلق انحراف محورها حركة ظاهرية لها مقارنة بالخلفية الثابتة للنجوم. يدعى هذا المسار بمسار الشمس الظاهري الـ (ecliptic)،



الشكل (58): الإحداثيات السماوية. الميل هو المكافئ لخط العرض على الأرض، وخط الطول السماوي مكافئ لخط الطول على الأرض. القطبان السماويان الشمالي والجنوبي هما فوق شمال الأرض وجنوبها.

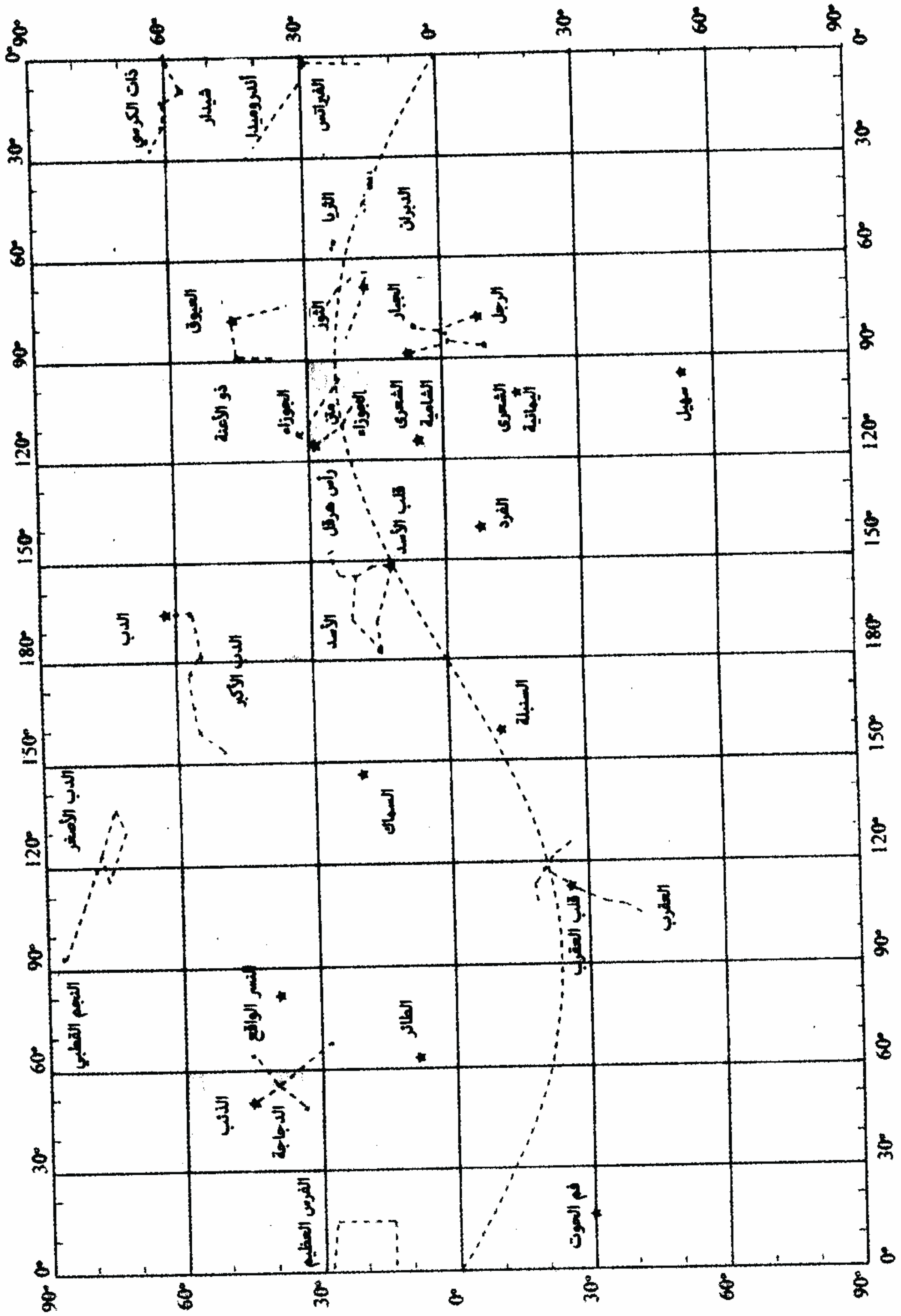
وهو ينتقل من ميل مرتفع بـ 23 درجة شمالا عند الانقلاب الصيفي، إلى ميل منخفض بـ 23 درجة جنوبا عند الانقلاب الشتوي. يعبر هذا المسار خط الاستواء السماوي مرتين، مرة في الاعتدال الربيعي، ومرة أخرى عند الاعتدال الخريفي. اصطلاحا نأخذ خط الزوال السماوي الرئيس على أنه النقطة التي تعبر فيها الشمس خط الاستواء السماوي في الاعتدال الربيعي ونقيس خطوط الطول السماوية منه كمرجع. تدعى هذه النسخة السماوية من خط الزوال الرئيس عند الاعتدال الربيعي[8].

يظهر الشكل (59) مسحا للنجوم الرئيسة المستخدمة في الملاحة التي وصفتها مسبقا، وعدة نجوم أخرى في نصف الكرة الجنوبي. يشير المخطط أيضا إلى الملامح العريضة لأبراج معروفة مع مسار الشمس الظاهري. يظهر المخطط النجوم على شبكة مستطيلة. عليك أن تتذكر أن خطوط العرض كلها تتلاقى في القطبين الشمالي والجنوبي. لذا هناك تشوه في المواقع النسبية للنجوم ونحن ننظر إلى الميول الشمالية والجنوبية.

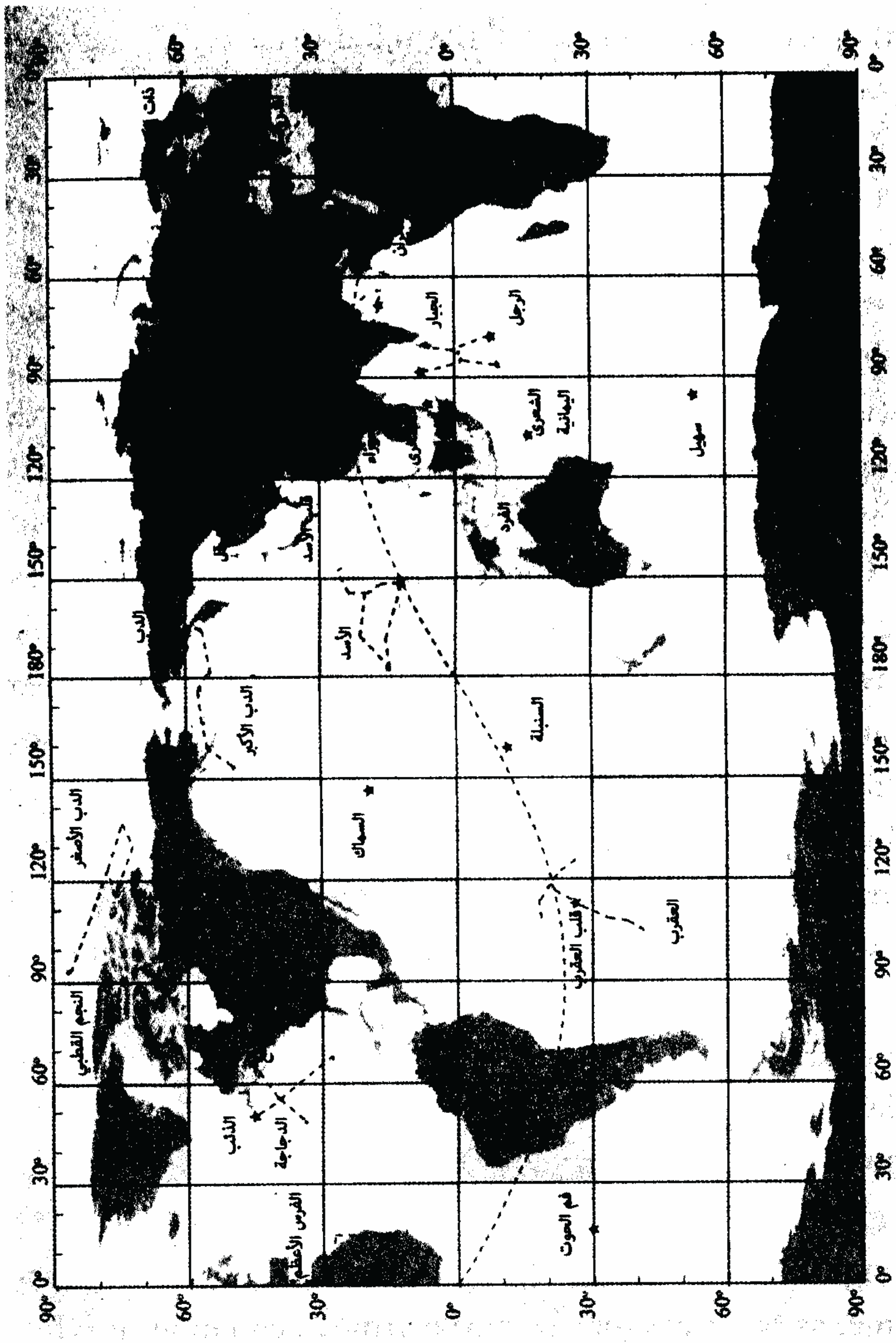
الشكل (60) هو الخارطة نفسها الموجودة في الشكل (59)، لكن بحسب الخطوط العريضة للأرض، حيث يتعلق خط العرض بالميل وخط الطول بخط الطول السماوي. يمكن التفكير بدوران الأرض على أنه تحرك لملامح الأرض من اليمين إلى اليسار تحت مخطط النجوم مرة كل 24 ساعة. تلاحظ أنه يجب أن تمثل الأرض نفسها كصورة مرآتية للطريقة التي نراها بها بشكل طبيعي، كي تتعلق بخارطة النجوم كما نراها من الأرض.

تفسر الصورة المرآتية للأرض في الشكل (60) ناحية غريبة في كيفية خلق الخرائط وتخيلها. تخلق الخرائط ونحن نتصور مشهدا ما، لذا فخارطة للأرض تبدو كما قد نراه ونحن نحلق في السماء، وننظر إلى الأسفل ووجهنا متجه نحو الشمال. أما خارطة السماء فتبدو كما قد نراه في السماء بالنظر إلى الأعلى، ووجهنا متجه إلى الشمال. لو أردنا وضع خارطة للأرض فوق خارطة للسماء فيجب أن ندير إحداهما إلى الشرق أو الغرب كأنها تُرى من خلال مرآة. لتمثيل الشكل (60) اخترت أن أدير صورة الأرض، لأن ملامح القارات معروفة أكثر لمعظم الناس من صور النجوم في السماء.

في الملحق (1) وضعت قائمة بميول نجوم الملاحة الرئيسة وخطوط عرضها في المخطط. ومعها سجلت خطوط الطول والعرض لبعض النقاط الرئيسة على الأرض التي ترتبط بالمواقع على الخارطة السماوية. المواقع التي اخترتها اعتباطية وخاضعة



الشكل (59): خارطة سماوية لنجوم الملاحة الرئيسة. الميل ممثل على المحور العمودي، وخط الطول السماوي مرسوم ليتعلق بخط الطول الأرضي. مسار الشمس خلال العام مبين على شكل خط منقط.



الشكل (60) خارطة الأرض مُسقَطة على خارطة النجوم، بحيث يتعلق خط العرض على الأرض بميل النجوم ويتعلق خط الطول الأرضي بخط الطول السماوي. يؤخذ صفر خط الطول السماوي بحيث يتطابق مع خط الزوال الأساسي (أي غرينتش ظهرا عند الاعتدال الربيعي)

لميولي الشخصية. في الشكل (61) أُظهر على خارطة للأرض المواقعَ التي اخترتها في إيجاد هذه العلاقة. وكما سأصف لاحقا يربط بعض ملاحي جزر المحيط الهادئ مواقع النجوم بالجزر التي تمر تحت أوجها. بهذه الطريقة فقد حفظوا بفاعلية نوعا من الخرائط مماثلا للشكل (60)، حيث ترتبط مواقع النجوم بمواقع على الأرض. لاحظ أنه من النادر جدا أن يتوافق موقع محفوظ على الأرض في خط العرض وخط الطول كليهما مع المحاور المقابلة لنجم رئيس في السماء.

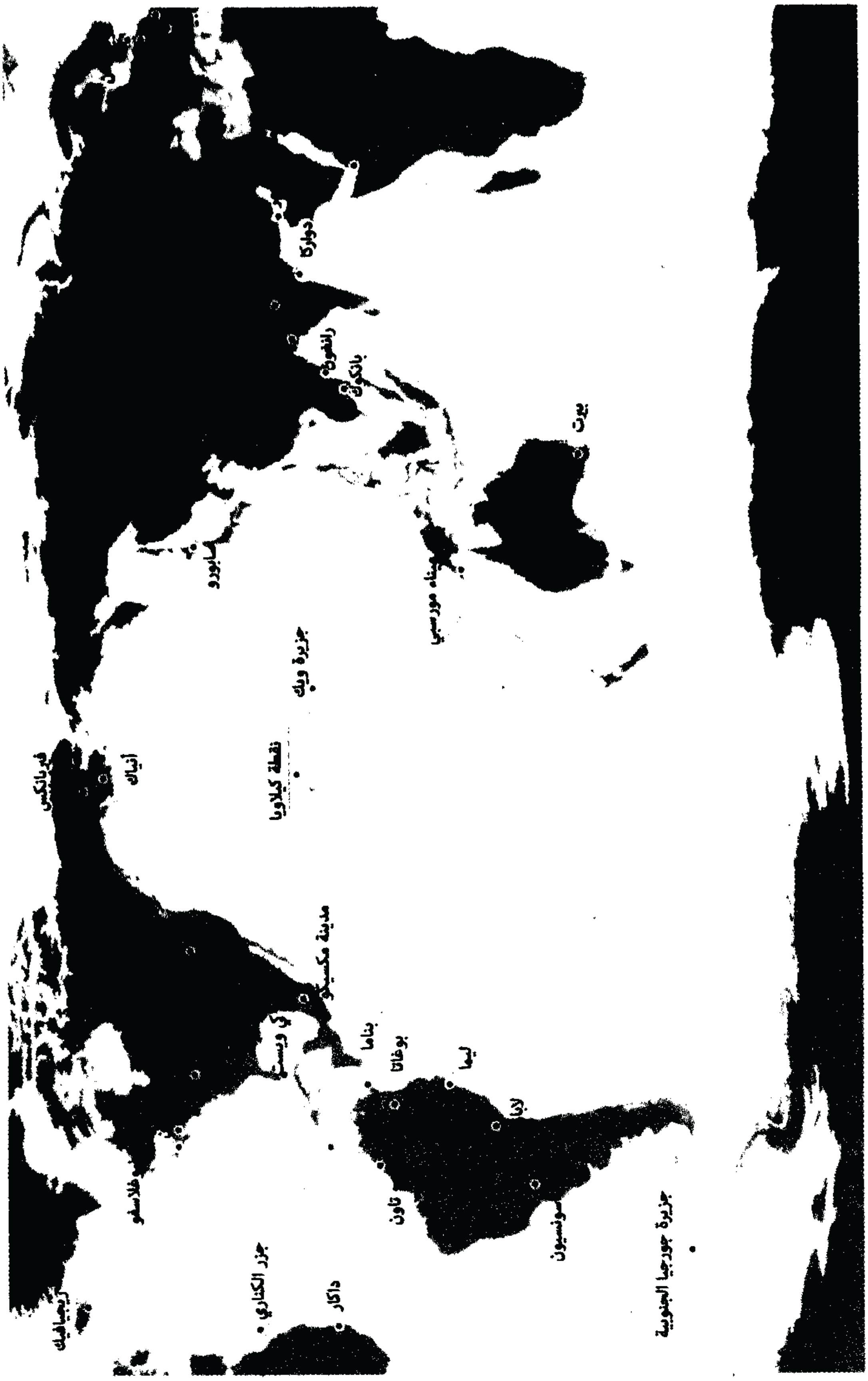
على الخارطة المفروضة في الملحق (1) اخترت عدة مواقع معروفة منفصلة على الأرض. الأول لإعطاء علاقة بين ذلك الموقع وميل نجم ما، والثاني لإعطاء علاقة بين ذلك الموقع وخط الطول السماوي لذلك النجم. في عدة حالات، كانت المواقع المحفوظة هي نفسها، حيث يمكن أن يكون لنجمين الميل ذاته أو خط الطول ذاته. على سبيل المثال، تقع الشعرى الشامية ورأس هرقل كلاهما على خط طول سماوي بحدود 115 درجة شرقا وهو خط طول بكين.

يحدث التوافق بين خطوط الطول على الأرض والخطوط المفروضة للشكل (60) مرة في اليوم في أوقات مختلفة بحسب التاريخ. في الاعتدال الربيعي عندما يكون ميل الشمس (0) درجة، وخط طول سماوي (0) درجة فإن هذه الخارطة المفروضة (الشكل 60) تعود إلى فترة الظهيرة في غرينتش في المملكة المتحدة.

مسارات النجوم في السماء

يمكن للملاح أن يستخدم النجوم بطريقتين مختلفتين جذريا. من جهة يمكنه استخدام النجوم لتحديد الاتجاه كبوصلة طبيعية. من جهة أخرى، هناك استخدام أكثر تعقيدا للنجوم كوسيلة لتثبيت موقع على الأرض. في أي من الحالتين من المهم فهم حركة النجوم خلال الليل حيث إن هذا مختلف لمراقبين عند خطوط عرض مختلفة.

يمكن أن تكون حركة النجوم محيرة في البداية، على الرغم من أنها كلها تنجم عن دوران الأرض وعن دورانها حول الشمس. لو جلست فوق القطب الشمالي مباشرة فإن هذا يشبه وجودك في مركز دائرة ضخمة دوارة. تشكل مسارات النجوم كلها دوائر كاملة فوقك. لو جلست على خط الاستواء فإن النجوم تشكل أقواسا

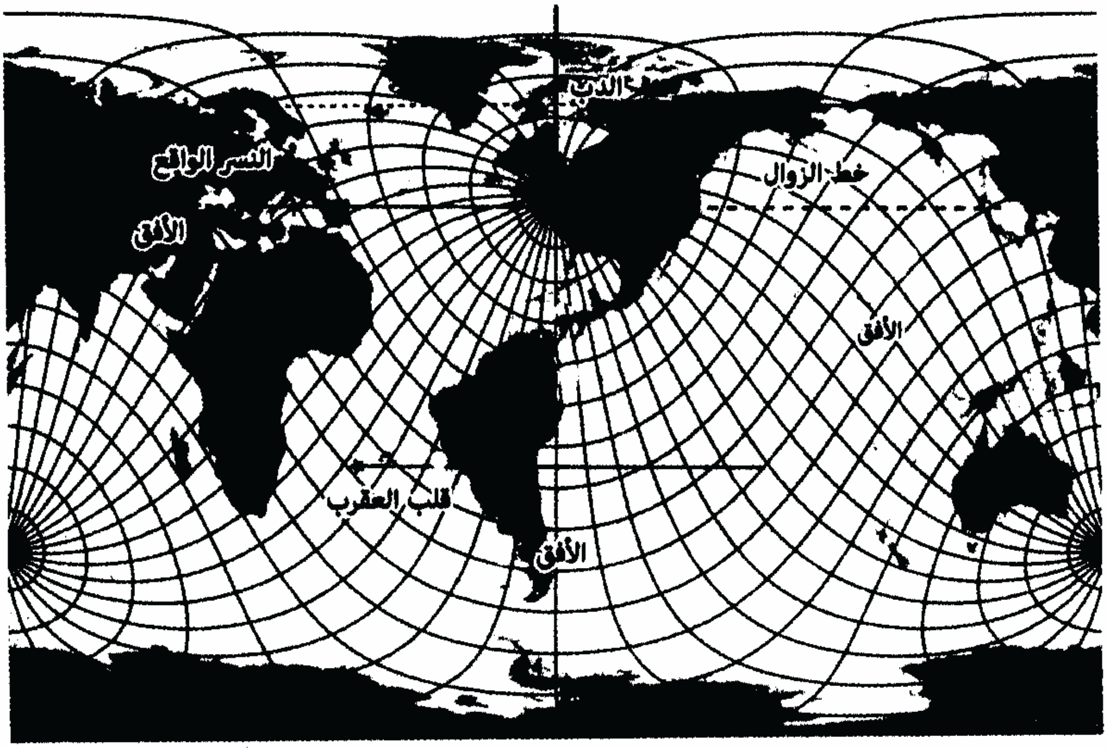


الشكل (61): أماكن استُخدمت لربط مواقع في السماء مع مواقع على الأرض كما هو مسجل في الملحق (1).

عالية في السـماء. في خطوط العرض المتوسـطة تكون المسارات خليطا من أقواس جزئية، ودوائر كاملة. بسبب دوران الأرض تتحرك النجوم كلها بمعدل 15 درجة في الساعة في الأقواس. ويكافئ هذا درجة واحدة كل أربع دقائق.

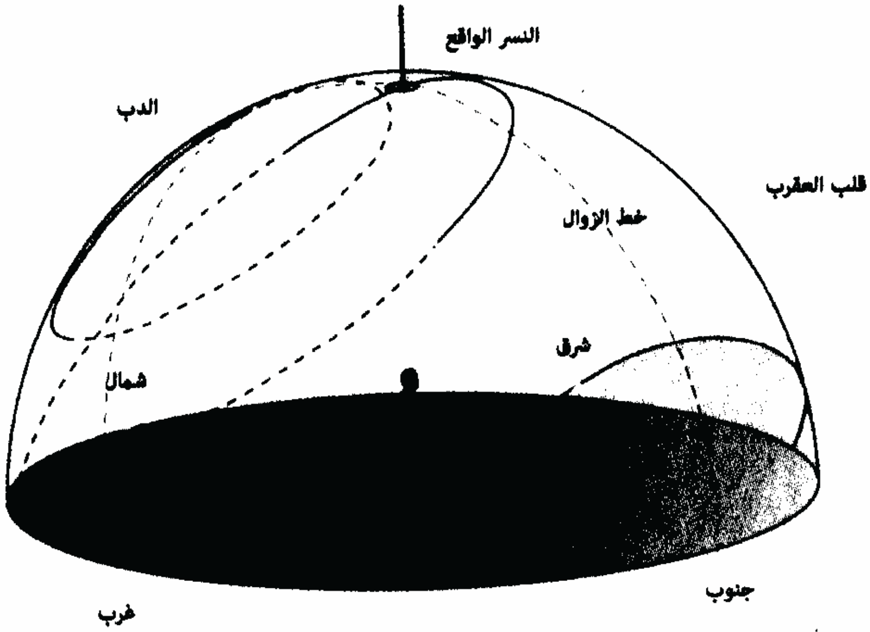
لخلق خارطة نجمية للمراقب، على المرء أن يعرف العلاقة الرياضية التي تحوّل مواقـع النجم إلى إحداثيات محلية. حلّ الرياضي العربي الجياني(*) مسـألة مسـح حركات النجوم بالنسـبة إلى مراقبين عـلى الأرض في مواقع مختلفة في أطروحة له دعيت بـ «كتاب الأقواس غير المعروفة على كرة» والذي نُشر نحو العام 1060م. لو كنتَ تعرف أين أنت على سطح الأرض والنجوم التي تتابعها، فهناك علاقات تسمح لك بالتنبؤ بما سـتراه على قبتك المحلية في السـماء. بالنسبة إلى الملاح، يمكن تدوير هذا: بملاحظة خطوط عرض النجوم على قبتك المحلية في السـماء، ومعرفة النجوم التي تنظر إليها، يمكنك معرفة خط عرض موقعك. وباسـتخدام ساعة يمكنك أيضا معرفة خط الطول الواقع عليه.

لنقل إنك في بوسطن (42 درجة شمالا) في ليلة 31 مايو حتى 1 يونيو. ما الذي تراه في السـماء؟ كتوضيح يظهر الشـكل (62) خطوط الارتفاع والسـمت والأفق المحلي لمراقب مع المسـارات التي يحتلها قلب العقرب والنسر الواقع والدب خلال تلك الليلة. مسـارات النجـوم عبارة عن خطوط تمر في الأعـلى عبر خطوط عرض ثابتة: تمثل هذه المسـارات بخطوط صلبة عندما تـرى في الليل، وبخطوط منقطة خلال ساعات النهار. يظهر الشكل (62) خطوط الأفق مرسومة على خارطة النجوم. الأوج هو النقطة التي تلتقي عندها خطوط السمت لمراقب في بوسطن. الخطوط التي تحيط بنقطة الأوج هي خطوط ذات ارتفاع ثابت. خط الزوال المحلي يشـار إليه على شـكل خط من الشمال إلى الجنوب. بالنسـبة إلى فترات التاريخ والوقت للشـكل، يرى النجـم قلب العقرب وهو يشرق من الجنوب الشرقي (إلى اليسـار) ثـم يزداد في الارتفاع، ويعبر خط الزوال، ثم يتناقص في الارتفاع ليغرب في الجنوب الغربي (إلى اليمين).



الشكل (62): حركة النجوم قلب العقرب والنسر الواقع والدب من غروب الشمس إلى شروقها ليلة 31 مايو - 1 يونيو بالنسبة إلى مراقب في بوسطن. تتلاقى خطوط السمت الثابتة في الأوج، بينما تحيط خطوط الارتفاع الثابتة بالأوج. الشرق إلى اليسار في الشكل. الأفق (ارتفاع = 0 درجة) مبين في الشكل.

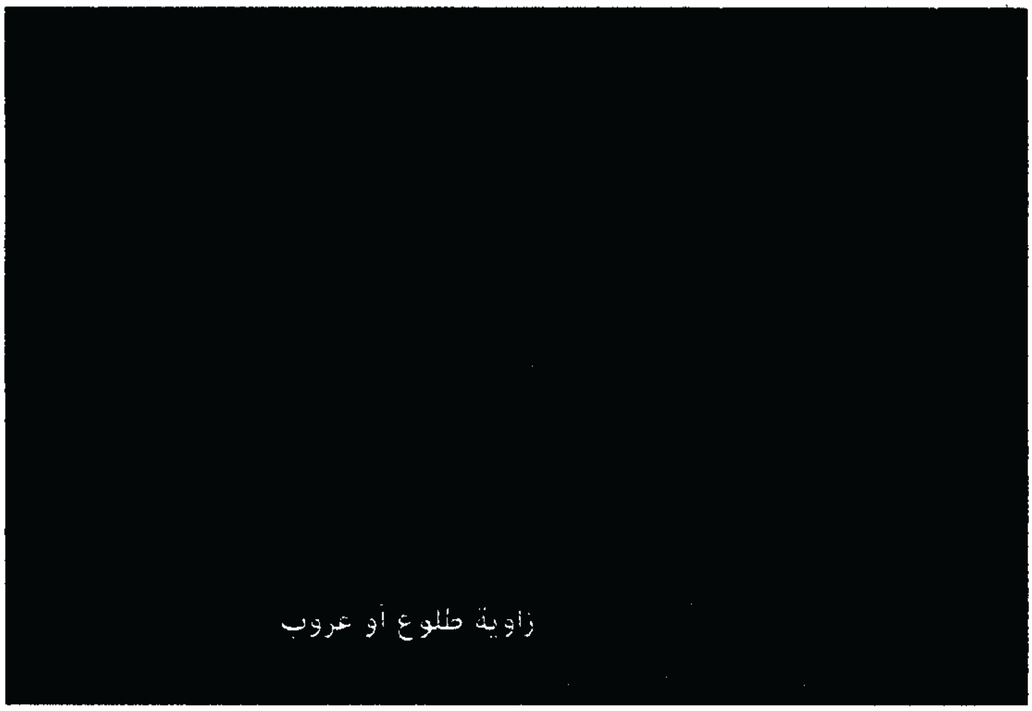
يظهر الشكل (63) مسارات النجوم نفسها في الشكل (62)، لكن من وجهة نظر مراقب على الأرض، ينظر نحو السماء. يشرق النجم قلب العقرب من الجنوب الشرقي، ويشكل قوسا فوق خط الزوال باتجاه الجنوب ليغرب في الجنوب الغربي. يشرق النسر الواقع من الشمال الغربي ويمر فوق الأوج تقريبا عند تقاطعه مع خط الزوال. أما الدب فهو قطب دائري، ويمكنه الدوران تماما حول القطب السماوي الشمالي من دون أن يغرب.



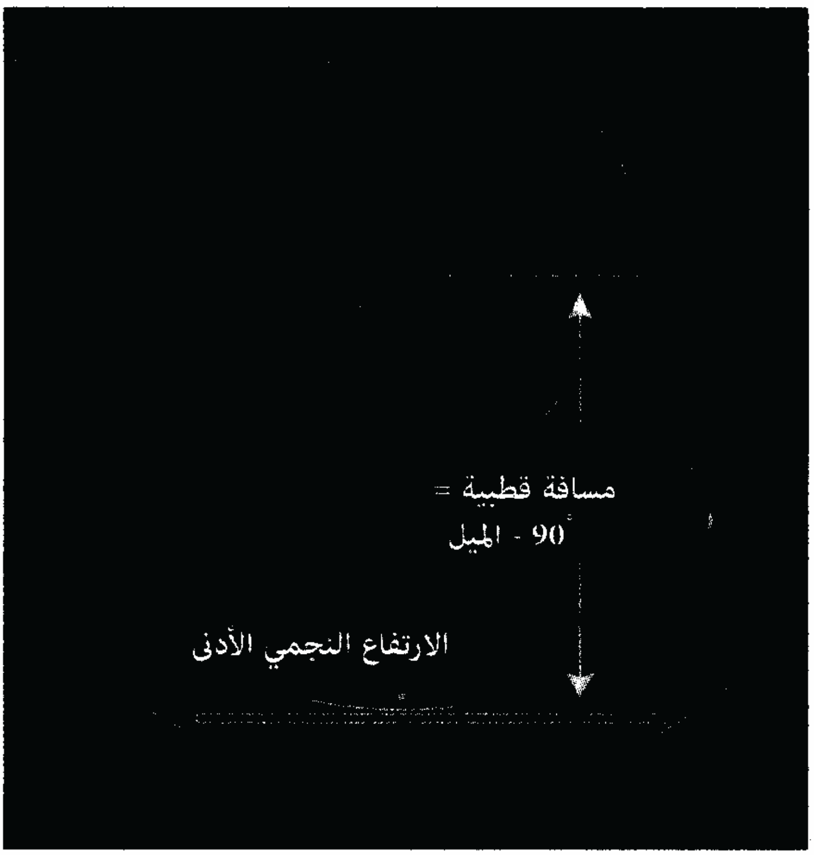
الشكل (63): مسارات قلب العقرب والنسر الواقع والدب بالنسبة إلى مراقب على الأرض كما في الشكل (62) . يظهر هذا في الفترة بين غروب الشمس وشروقها من ليلة 31 مايو - 1 يونيو في بوسطن.

لو نظرت إلى الشرق، فسترى نجوما تشرق وتغرب بزاوية 90 درجة يطرح منها خط العرض الواقع عليه بالنسبة إلى نجوم عند خط الاستواء تماما، مثل تلك في حزام جبار. يظهر الشكل (64) ما يبدو عليه هذا النظام، حيث جعلت مسارات النجوم على شكل شرائط لتساعد العين على رؤيتها. هذا هو المنظر الذي ستحصل عليه بواسطة آلة تصوير تسجل مسارات النجوم خلال ساعة من الزمن.

لو نظرت شمالا إلى القطب السماوي، فسترى نجوم القطب الدائرية تدور حوله، كما في الشكل (65). هناك شيء يُدعى المسافة القطبية، والتي هي - ببساطة - 90 درجة ناقص ميل النجم. يمكنك معرفة خط العرض الواقع عليه بقياس أصغر ارتفاع لنجم قطبي دائري. في هذه الحالة يكون خط العرض الواقع عليه هو أصغر ارتفاع زائد المسافة القطبية لهذا النجم.



الشكل (64): مسارات نجوم غاربة في السماء بالنظر غربا في نصف الكرة الشمالي. النجوم عند خط الاستواء تشرق وتغرب بزاوية 90 درجة مطروحٍ منها خط العرض.



الشكل (65): النجوم القطبية الدوارة كما ترى بالنسبة إلى مراقب ينظر شمالا.

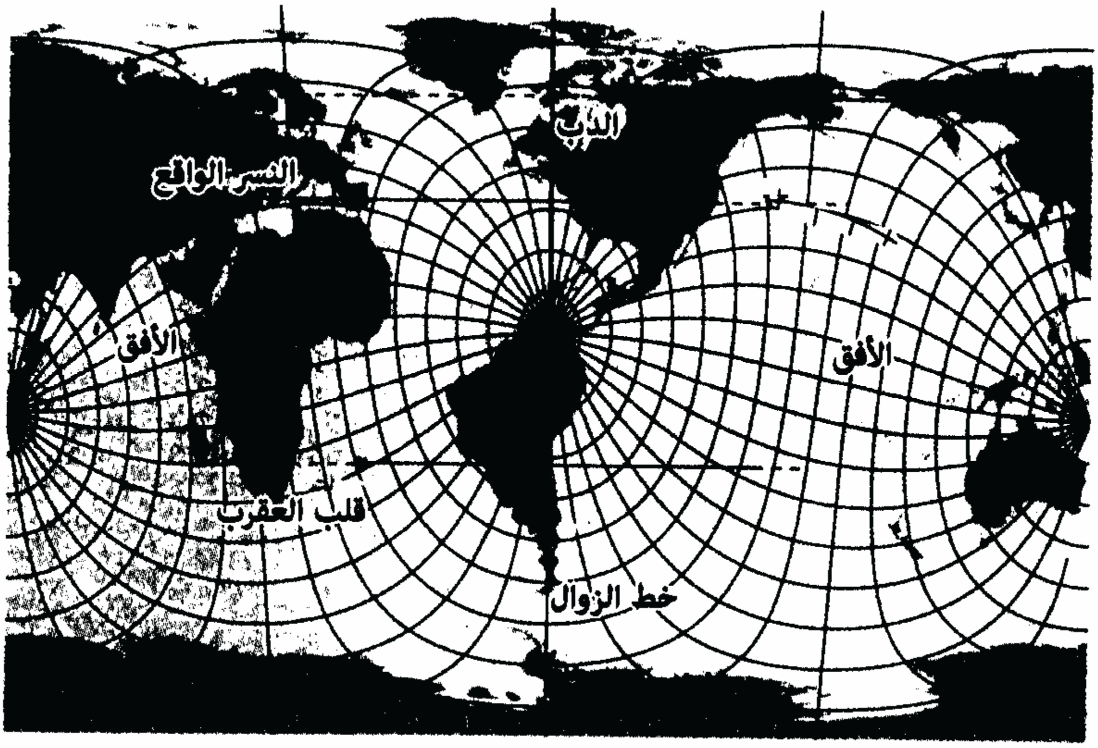
أحد النجوم القطبية التي يسـهل اسـتخدامها بالنسـبة إلى معظم المراقبين في نصـف الكرة الشـمالي هو نجم القطب الشـمالي. على الرغم من أنـه يبعد أربعا وأربعين دقيقة قوسـية تقريبا عن القطب السـماوي الشمالي الحقيقي، لكن دعنا نأخـذه الآن عـلى أنه عند ميـل 90 درجة تماما. في هذه الحالة، فـإن ارتفاع نجم القطب الشـمالي فوق الأفق سـيعطي مبـاشرة خط عرض المراقـب. لو كان نجم القطب الشمالي منخفضا نسـبيا في السماء، يمكنك تقدير خط العرض الواقع عليه باسـتخدام اليد عند نهاية ذراع ممتدة للحصول على ارتفاعه. بالرجوع إلى الفصل الرابع، يمكنك تذكر الأسـماء المعطـاة لعرض زوايا الأشـكال المختلفة من الأصابع والأيدي من قبل الملاحين العرب، وملاحي جزر كارولاين.

لنقل الآن إننا نقلناك بطريقة سحرية إلى كاراكاس في فنزويلا، في الليلة نفسها. ما الذي ستراه هناك؟ يظهر الشكلان (66 و67) النسخ المقابلة للشكلين (62 و63) بالنسبة إلى مراقب في كاراكاس (10 درجات شمالا).

في كاراكاس القريبة من خط الاسـتواء، ستكون هناك نجوم قطبية دائرية أقل بكثـير، هذا إن وجدت أصلا. فالدب لم يعد قطبا دائريـا. ويمر النسر الواقع بخط الزوال بعيدا عن شـمال الأوج، وتصبح أقواس قلب العقرب أعلى كثيرا في السـماء. عند 10 درجات شـمالا ربما تسـتطيع بالـكاد أن ترى نجم القطب الشـمالي. من الشكل (67) ربما تستطيع أن ترى أن مسارات النجوم تتقاطع مع الأفق بزوايا قائمة تقريبا. بالنسـبة إلى مراقبين بين 20 درجة خط عرض جنوبا و20 درجة خط عرض شـمالا فإن النجوم ستشرق وتغرب في الأوج نفسه تقريبا بالنسبة إلى المواقع كلها. مما يجعل هذا الحزام من خطوط العرض مثالية لمبدأ البوصلة النجمية.

إيجاد الاتجاه: البوصلة النجمية ومسارات النجوم

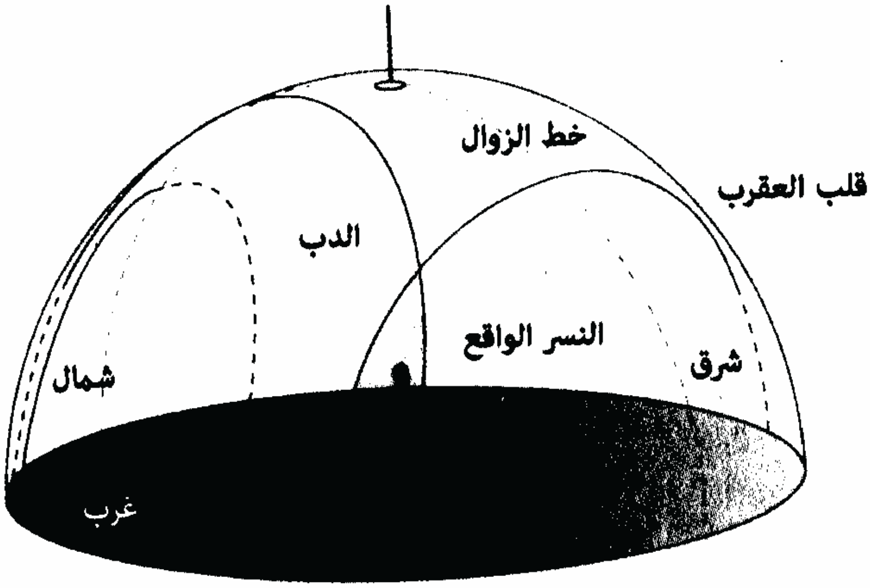
ربمـا كان أقدم اسـتخدام للنجـوم في الملاحة هو لمعرفة الاتجـاه في الليل. لو كنت تعرف مواقع النجوم ومسـاراتها في أوقات مختلفة من السـنة، فإن التعرف على الاتجاه يأتي بشـكل طبيعي. مع ذلك فهي خبرة تحتاج إلى مراس ولا تأتي من مجـرد قراءة كتاب. يمكن للقارئ الأشـد طموحا أن يحاول تذكـر ارتباط النجوم بمواقع على الأرض كما هي مسجلة في الملحق (1). ثم اخرج، وسمّ بنشاطٍ نجوما،



الشكل (66): مسارات قلب العقرب والنسر الواقع والدب للفترة نفسها كما في الشكل (62) بالنسبة إلى مراقب في كاراكاس في فنزويلا.

وتعرف على الاتجاهات الأصلية للشرق والغرب والشـمال والجنوب لتكون معرفة بالنجوم. القيم الدقيقة للميل أو خطوط الطول السـماوية ليسـت بأهمية فهم المواقع النسبية للنجوم.

وكمثال على اسـتخدام النجـوم لمعرفة الاتجاه، يمكننا العـودة إلى قصة مارك أوبرير التي ذكرت في بداية الفصل. لا نعلم بالضبط كيف وجَّه نفسـه عن طريق النجوم في الليل، لكن يمكنك أن تخمِّن ذلك بشكل معقول. خُطف من قبل جماعة الشـباب الإسـلامية من فندق الصحافيين في مقديشو. تحكمت جماعة الشباب في الأحياء الشرقية من مقديشـو في ذلـك الوقت، بينما كان القصر الحكومي ومعظم المصالح الأوروبية موجودة في المنطقة الغربية من المدينة. عند 10 درجات شـمالا، فإن لمقديشـو خط العرض نفسه لكاراكاس، وسـتكون مسارات النجوم في السماء هي نفسها كما في الشكلين (66 و67).

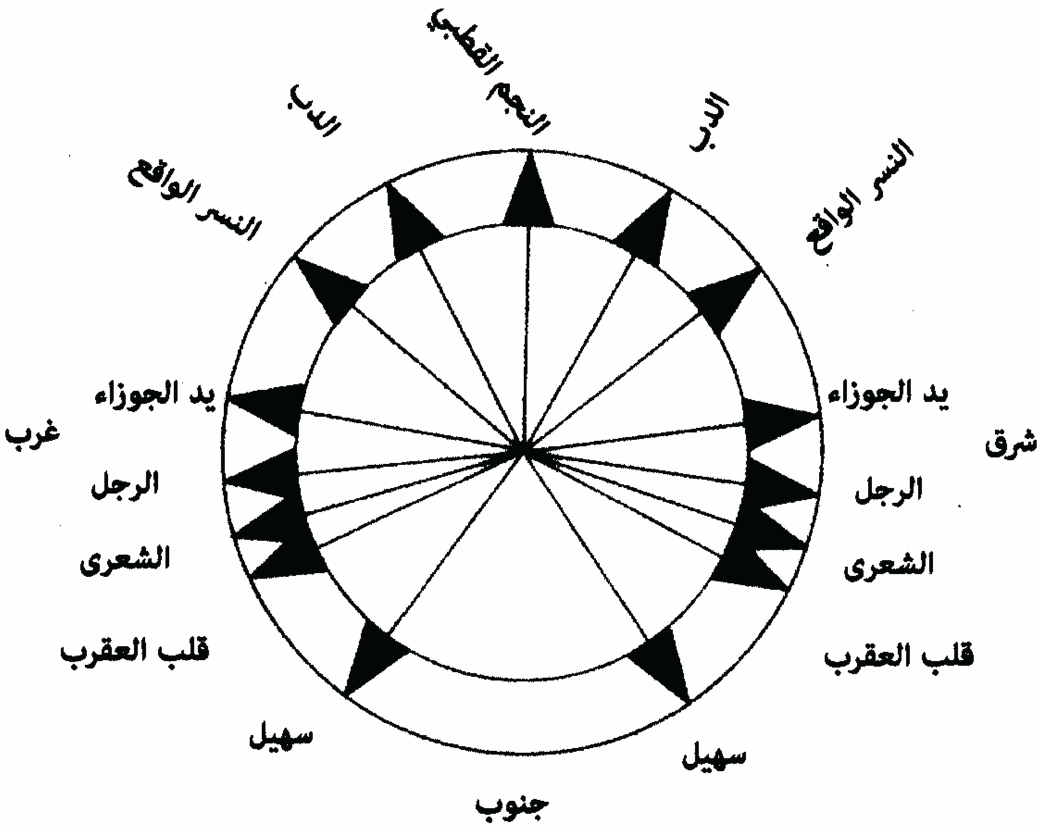


الشكل (67): مسارات قلب العقرب والنسر الواقع والدب بالنسبة إلى مراقب في كاراكاس للفترة نفسها كما في الشكل (66).

لـو أنني خرجت من معقل جماعة الشـباب في منتصف الليل، لتوجهت غربا في المدينـة للحصول عـلى الأمان. ربما كانـت الطريقة الأفضل للاتجـاه غربا هي ملاحظة برج ذات الكرسي، الذي سيكون عاليا في السماء في ذلك الوقت من العام. بالحفاظ على هذا البرج إلى يمينه، استطاع الانتقال غربا. استخدام أذكى للنجوم كان باستخدام سمت الغروب لبعض أشد النجوم بريقا في ذلك الوقت من العام. النجم النسر الطائر كان سـيغرب عند 9 درجات شمال الغرب الحقيقي، وربما كان مرشدا جيدا كنوع من البوصلة النجمية. استخدم سكان المحيط الهادئ النجوم كمرشدات لتحديد الاتجاه بهذه الطريقة.

في الفصل الثاني وصفتُ كيف اسـتخدم الملاحون في جزر كارولاين نظام إيتاك لتحديـد مسـار رحلاتهم من جزيرة إلى أخرى. كان الأسـاس الرئيـس لهذا النظام عبـارة عن بوصلة نجمية مبنية على خطوط سـمت شروق النجوم وغروبها. قرب خط الاسـتواء تكون خطوط سـمت شروق النجوم قريبة جدا من 90 درجة ناقصا ميولهـا، وتتغير قليلا مادامت باقية بين خطي عرض 20 درجة شـمالا، و20 درجة جنوبا. يظهر الشـكل (68) مثالا على بوصلة نجمية. يشرق نجم الدب في الشـمال

الشرقي ويغرب في الشـــمال الغربي. يشرق يد الجوزاء والرجل من الشرق ويغربان في الغــرب. يمكن لملاح أن يحافظ على الــزورق باتجاه ثابت لو تتبع مواقع شروق وغروب النجوم الرئيسة.



الشكل (68): بوصلة نجمية تستخدم مواقع شروق النجوم الرئيسة وغروبها.

مادام النجم بقي قريبا نســبيا من الأفق، يمكــن أن يخدم كدليل على الاتجاه، لكن عندما يبدأ بالصعود في الســماء، يصبح ســمته أقل وضوحا. حل ملاحو جزر المحيط الهادئ هذه المشكلة بمبدأ مسارات النجم (starpaths). مسار النجم عبارة عن سلسلة من النجوم تشرق وتغيب كلها عند السمت نفسه. لا يتعيَّن على الملاح أن يتذكــر النجوم كلها في مســار معين، مادام اســتطاع تحديد نجم رئيس في ذلك المســار عندما يشرق، يمكنه أن يحدد نجما آخر في خط الســمت نفســه ويتتبعه، ثم يجد نجما آخر مع بزوغه. يســمح هــذا ببوصلة نجمية موثوقة من دون تذكر عدد مستحيل من النجوم. يشير السير آرثر غريمبل وهو ساكن قديم لجزر غيلبرت إلى مقابلة مع ملاح يدعى بيريا أمكنه تســمية 178 نجما وبرجا وســديما وأن يقرر

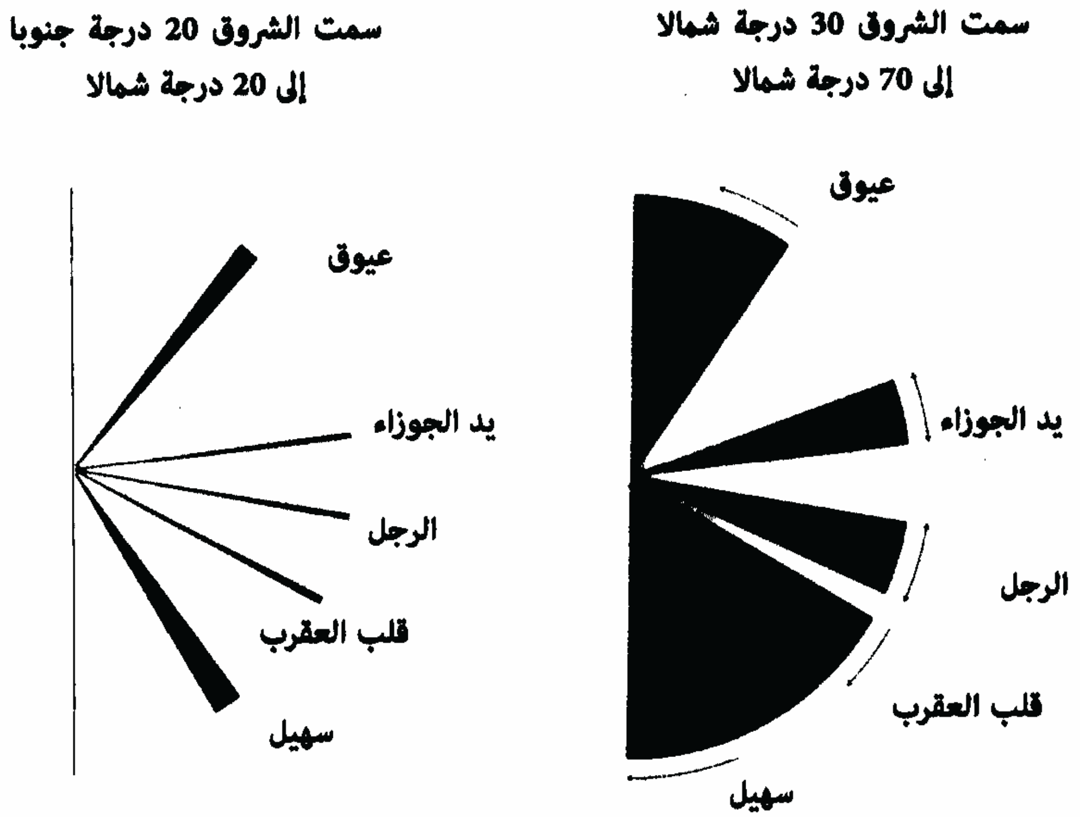
مواقعهـا النسـبية في أوقات مختلفة مـن الليل في أيام مختلفة من السـنة. مائة وثمانية وسـبعون نجما رقم مرتفع بالنسبة إلى معظم ملاحي جزر المحيط الهادئ، لكنه يظهر المدى الذي يذهب إليه البعض في عملهم[9].

تعمل البوصلة النجمية بشكل جيد مادام الملاح باقيا في منطقة بين خطي عرض 20 درجة شـمالا و20 درجة جنوبا. استخدم البحارة العرب الذين كانوا يبحرون في بحـر العرب وخليج البنغال بوصـلات النجوم أيضا. لكنك لو غامرت أبعد من هذا الحزام المحيط بخط الاسـتواء، فإن الفكرة كلها تنهار بسرعة. يظهر الشـكل (69) بوصلات نجمية لمجالين بخط عرض 40 درجة لكل منهما. في المنطقة المحيطة بخط الاسـتواء، هناك توزع خفيف في خطوط السـمت لمواقع شروق النجوم الرئيسـة، ويمكنك الإبحار مـن الأطراف الجنوبية لتاهيتي إلى هاواي ببوصلة نجم واحد من دون صعوبات.

من ناحية أخرى، لو كان مجال الـ 40 درجة يمتد من 30 درجة شـمالا إلى 70 درجة شـمالا بدلا من خط الاسـتواء، فإن النظام يصبح بلا فائدة إلا إذا كنتَ تبحر شرقا أو غربا. على الطرف الأيمن من الشـكل (69)، رسـم مجال خطوط السـمت لشروق نجوم يد الجوزاء والرجل والعيوق (Capella) وسهيل (Canopus). سيكون سهيل مرئيا عند 30 درجة شمالا، لكنه سيختفي تحت الأفق بسرعة. وسيكون قلب العقرب مرئيا عند خطوط عرض أبعد شـمالا من سـهيل لكنه سيختفي هو أيضا. سـيحقق العيوق الانتقال من الشروق عند نقطة مـا في الشرق إلى أن يصبح قطبا دائريـا. حتى الرجل ويد الجوزاء اللذان يحيطان بخط الاسـتواء سـتتغير خطوط سمت شروقهما بشكل كبير مع خط العرض.

الأعمدة النجمية والنجوم الأوجية

لو كان لموقعك خط عرض يسـاوي ميل نجم رئيس، فسـيمر ذلك النجم فوق أوجك في وقت ما خلال الأربع والعشرين سـاعة. وكطريقة تقريبية لتقدير الموقع، ربمـا يعطيك هذا تقريبـا لخط العرض بدقة تعادل نصف درجة. لاسـتغلال هذه الحيلة، تحتاج إلى وسـيلة ما لتحديد الارتفاع العمودي. يمكن أن يكون هذا صاري سـفينة أو خطا يحمل ثقلا يتدلى إلى الأسفل. لو كان النجم ضمن 5 درجات تقريبا



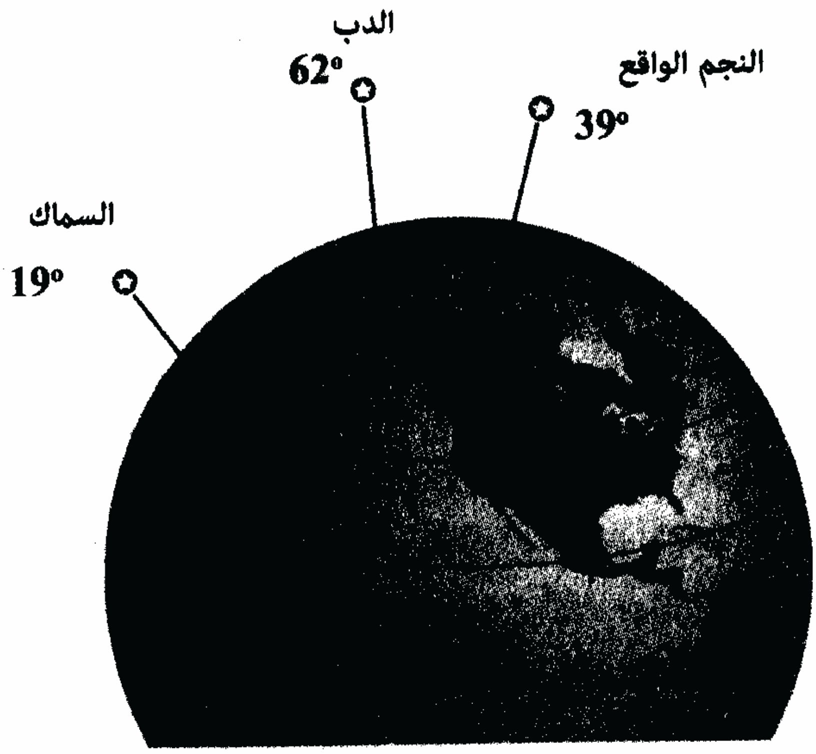
الشكل (69): مجال سمت الشروق لنجوم تحيط بخط الاستواء (يسار). ونجوم بين خطي عرض 30 و70 درجة شمالا.

في الميـل مـن خط عرض المراقب، يمكن للملاح أن يسـتلقي على ظهره مع اقتراب النجم من أعلى نقطة له في السـماء، والتي تدعى بممر خط الزوال. يمكنه ملاحظة المسافة الزاوية من دليله العمودي ويستمر في التحقق منه. عند نقطة ما سيصنع زاوية دنيا بالنسـبة إلى الدليل العمودي، يمكن للمراقب أن يسجلها. بمعرفة ما إذا كان النجم يمر شمال الأوج أو جنوبه، وبأي مقدار، يمكن للملاح أن يضيف الزاوية الدنيا أو يطرحها من ميل النجم لتحديد موقعه.

نوقش اسـتخدام نجم الأوج (zenith star) لتحديد خط العرض من قبل عدة مؤلفين كتقنية ربما اسـتخدمت من قبل سـكان جزر المحيـط الهادئ الذين قاموا برحلات طويلة. يمكن تمييز جزيرة بواسطة نجم يتحرك فوق أوجها مباشرة. يسمى نجم السـماك غالبا على أنه نجـم الأوج لجزيرة هاواي، لأن له ميلا قريبا من خط عرض الطرف الجنوبي للجزيرة الكبيرة. يوضح الشكل (70) مبدأ نجم الأوج، والذي يخلق علاقة بين الخارطة السـماوية والخارطة الأرضية. في مرحلة ما خلال الليل أو

النهار، سيمر نجم له الميل نفسه لخط عرض الجزيرة خلال أوج تلك الجزيرة. يمكن لملاح أن يجد جزيرة ما بالإبحار شمالا أو جنوبا حتى يظهر نجم مرتبط بجزيرة معينة في الأوج، ثم يبحر شرقا أو غربا حتى يصادف تلك الجزيرة. يمكن العثور على موقع الأوج لنجم ما بالنظر إلى السماء على طول صاري السفينة.

على الرغم من أن ملاحي جزر المحيط الهادئ لا يستخدمون نجوم الأوج في الوقت الحالي، فإن هناك بعض الإشارات على استخدامها في العصور السابقة. للتاهيتيين أغنية حول أعمدة نجمية تمسك قبة السماء. سجلت نسخة منها في العام 1818 لامرأة تدعى روا نوي التي عاشت على جزيرة بورا بورا. تم التعرف بعد ذلك على النجوم بمقابلاتها في اللغة الإنجليزية بمساعدة أحد سكان الجزيرة، الذي كان مستشارا فيها. نشرت نسخة من الأغنية في مجلة الجمعية البولونيزية في العام 1907.



الشكل (70): مبدأ نجم الأوج، حيث يكون كل نجم مباشرة في الأوج في مكان على الأرض له خط عرض يساوي ميل هذا النجم. في وقت ما خلال الليل، يكون السماك فوق جزيرة هاواي مباشرة.

في الأغنية تسمي المغنية عددا من النجوم الرئيسة، وتعزو إليها خصائص معينة. تظهر الأغنية معرفة بمواقع النجوم ترسم نوعا من خارطة سماوية بصيغة شعرية [10].

في أغنيتهـا تدعو روا نوي النجم قلب العقرب على أنه «عمود الدخول إلى قبة السـماء». بميل يعادل 26 درجة جنوبا سـيكون قلب العقرب في أوج الجزر الأبعد جنوبا، والمعروفة باسـم تاهيتيان: رابا ايتي في جزر أوسـترال. السنبلة هو «عمود النقاء التام»، والدب هو «عمود الطرف العلوي» ويشكل النقاط الشمالية الشرقية والشـمالية الغربية لبوصلة نجمية. الفرد هو «نجم أحمـر يطير في الفضاء الخالي جنوبا». وكما وصفت سابقا فإن نجم الفرد موجود في رقعة غير مأهولة من السماء، لذا فالوصف مناسـب تماما. أخيرا تدعو روا نوي نجم القطب الشـمالي بـ «النجم الذي يمكن الصيد به، على حدود السماء».

الإشارة الأخيرة إلى نجم القطب الشمالي تعتبر غريبة، إذ لا يمكن رؤيته من بورا بورا، والتي هي بعيدة إلى الجنوب من خط الاستواء بمقدار (°16 '30 جنوبا). يمكن ملاحظة نجم الشمال من خطوط عرض أعلى بـ 6 درجات شمالا تقريبا. أبعد جنوبا عن خط العرض هذا، يكون نجم القطب الشـمالي قريبا جدا من الأفق، بحيث لا يمكـن ملاحظته حتى يغيـب تماما. كانت بورا بورا معزولـة جدا عن الغرب حتى القرن التاسع عشر، لذا لا بد أن ترتبط معرفة نجم القطب الشمالي برحلات طويلة المدى، وربما بالتجارة مع هاواي، حيث يمكن رؤيته هناك. أما تسـميته بـ «حدود السماء» فهو وصف معقول من وجهة نظر ثقافة تمتد على خطوط عرض 22 درجة شمالا (كواي، هاواي) إلى 26 درجة جنوبا (جزر أوسترال).

يصـف المؤلف ديفيد لويـس مقابلاته مع فيهالا وهو ملاح مـن تونغا يتكلم عـن فاناكينغا أو نجم «يشـير إلى الأسـفل نحو جزيرة مـا» أو «النجم فوق هذه الجزيرة». هناك نجوم ترتبط بجزر معينة أو نجوم فاناكينغا الخاصة بها. في المقابلة يقول فيهالا إن استخدام الفاناكينغا لم يعد مستعملا، وأنه تعلمه من امرأة مسنة، تعلمته بدورها من الأغاني. اسـتطاع فاهيلا أن يصف المبدأ بشكل تقريبي، ويبدو أنه مثل نجم الأوج، لكنه لم يستخدم عمليا أثناء زمن المقابلة[11].

لو كان هدف الملاحة أرخبيلا بعيدا يريد البحار الوصول إليه، يمكن لنجم الأوج أن يعطـي معلومات مفيدة. خذ رحلة من تاهيتي إلى هاواي وهي مسـافة تصل

إلى ألفين وخمسمائة ميل. سيكون نجم السماك عند خط عرض 19 درجة شمالا في أوج الطرف الجنوبي لهذه السلسلة. يمكن لملاح من تاهيتي أن يبحر شمالا حتى لحظة مرور السماك في أوجه نحو الجنوب، ثم ينعطف، ويبحر غربا بخط عرض ثابت. تشكل جزر هاواي هدفا عريضا بحيث تكون هذه الإستراتيجية التي تدعى «هبوط خط العرض» كافية، وسيتقاطع الملاح بالتأكيد معها في إحدى الجزر.

تشير مقابلات أجريت مع ملاحي جزر المحيط الهادئ الحاليين من قبل مؤلفين مثل ديفيد لويس إلى انتشار استخدام البوصلات النجمية، لكنهم لم يجدوا دليلا على استخدام نجوم الأوج حاليا. لكن منذ اكتشاف المحيط الهادئ من قبل الأوروبيين الغربيين، كانت معظم الرحلات طويلة المدى قد تلاشت مسبقا فيه. بحلول ذلك الوقت فقد قاطنو المواقع المنعزلة مثل جزيرة إيستر مسبقا الاتصال بأقرب جيرانهم من سكان الجزر الأخرى.

يناقش جوفري إرفين بروفسور علم الآثار في جامعة أوكلاند مسألة فقد الاتصال المنتظم لسكان جزر المحيط الهادئ النائية في كتابه الاكتشاف التاريخي المبكر للمحيط الهادئ واستيطانه. يراجع إرفين الدلائل الأثرية والتمثيلات الحاسوبية للرحلات لإعادة مسار صعود الرحلات الطويلة المدى لسكان جزر المحيط الهادئ، وانحسارها. يحاجج إرفين أن أسلاف السكان الحاليين ربما استخدموا إستراتيجيات أكثر تطورا في الملاحة مما يستخدمونه الآن. لو صحَّ هذا، فإن مبدأ فاناكينغا (النجم فوق الرأس) أو الأغنية حول أعمدة نجمية ربما هي بمنزلة الصدى الخافت لفترة أكثر جرأة في فن الملاحة[12].

8

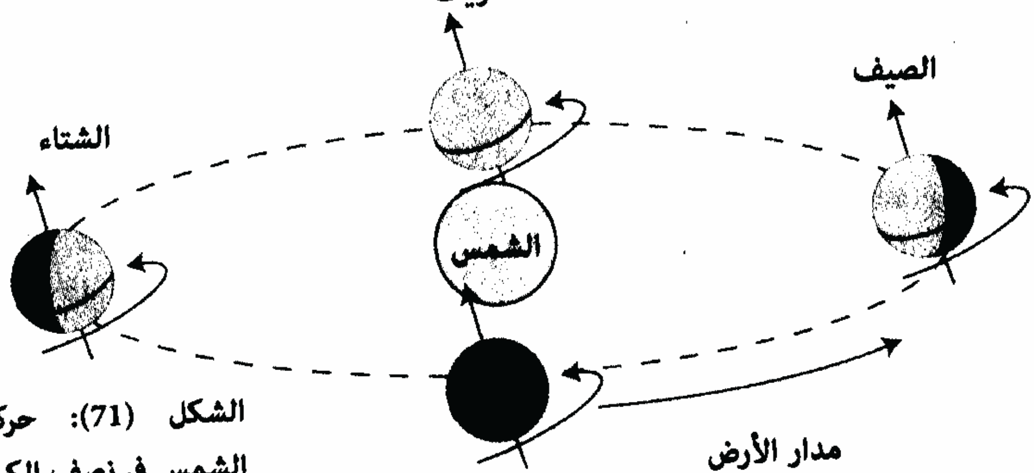
الشمس والقمر

رأينا مسبقا استخدام الشمس في الملاحة: جاءت تسمية «شرق» من شروق الشمس، و«غرب» من غروبها في العديد من الثقافات. على الرغم من التأثير الكبير للشمس في مناخ الأرض فإن حركتها خلال العام أعقد من الحركة المنتظمة للنجوم، ويمثل استخدامها في الملاحة تحديا كبيرا. حركة القمر أكثر تعقيدا أيضا، لكن حركته تشكل نمطا معينا استطاعت الحضارات القديمة التنبؤ به. ربما كانت الشمس بالنسبة إلى الملاحين القدامى أكثر فائدة كدليل على الاتجاه خاصة في مناطق المناخ المعتدل. يمكن تحويل المعلومات كلها حول طول النهار وارتفاع الشمس عند الظهيرة، ومواقع شروقها وغروبها إلى خط عرض المراقب.

في أي يوم تخلق الشمس مسارا في السماء يبدو مثل مسار نجم. لكنها خلال العام تكمل دورة كاملة حول خط الطول السماوي، ولها ميل يختلف بين 23 درجة شمالا و23 درجة جنوبا. ينجم هذا المسار عن انحراف محور

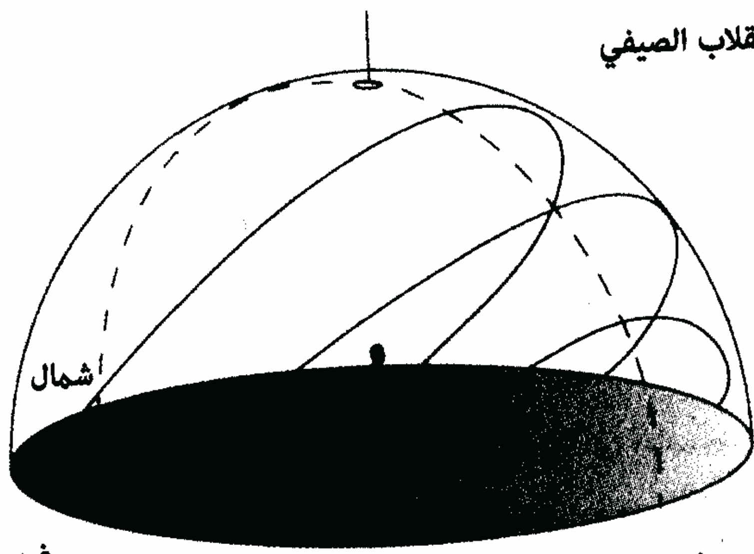
«بينما تُؤخذ مواقع النجوم على أنها ثابتة نسبيا، فإن حركة الشمس في السماء شكلت تحديا أكبر»

الأرض مع دورانها حول الشمس. يظهر الشكل (71) انحراف الشمس ومدارها عند فترات الاعتدال والانقلاب[1].



الشكل (71): حركة الشمس في نصف الكرة الشمالي بالنظر جنوبا

يظهر الشـكل (72) المسـار الذي تتبعه الشـمس في السـماء عنـد الاعتدالين والانقلابين بالنسـبة إلى مراقب عند خط عرض بوسـطن (42 درجة شـمالا). عند الاعتدالين الربيعي والخريفي تكون الشمس مباشرة فوق خط الاستواء، وتشرق من الشرق الحقيقي بالنسـبة إلى كل مراقـب على الأرض. فترات الاعتدال فرصة لإيجاد خط عرض المدن بقياس زاوية ظل عصا عند الظهيرة.



الشكل (72): مسار الشمس في السماء كما يرى من خط عرض بوسطن (42 درجة شمالا) عند الانقلابين والاعتدالين. الخط المنقط هو خط الزوال المحلي للمراقب.

لكـــن في أي تاريـــخ، لو عرف ميل الشـــمس، فإن هناك علاقـــة تعطي الارتفاع الأعظمي للشمس عند لحظة مرورها بخط الزوال:

الارتفاع = 90 درجة - 1 خط العرض - الميل 1

الخطان العموديان يعنيان القيمة المطلقة للفرق بين خط العرض والميل. يعني هـــذا أن تطرح دوما الميل من القيمة الموجبة لخـــط العرض للحصول على الارتفاع الأعظمي للشمس بالنسبة إلى أي ميل.

تصل الشـــمس إلى ميل 23 درجة عند الانقـــلاب الصيفي. في ذلك الوقت يكون ارتفاعها الأعظمي مرتفعا بالنســـبة إلى المراقبين في نصف الكرة الشمالي. على سبيل المثال في بوسطن عند 42 درجة شمالا فإن الارتفاع 90 - 42 + 23 = 71 درجة. من جهة أخرى عند الانقلاب الشـــتوي يكون ميل الشـــمس - 23 درجة، لذا فارتفاعها الأعظمي هو 25 درجة فوق الأفق فقط.

في الشـــكل (72) هناك بعض الخصائص الأخرى واضحة بالنســـبة إلى مراقب في بوســـطن. بينما تشرق الشمس من الشرق الحقيقي وتغرب في الغرب الحقيقي عند الاعتدال، فإنها تشرق من الشـــمال الشرقي وتغرب من الشمال الغربي عند الانقلاب الصيفـــي. تختلف أطـــوال الأقواس كثيرا. تدور الأرض بمعدل 15 درجة في الســـاعة، وينتـــج القوس الأطول نهارا أطول في الصيف. وبينما تكون هذا المســـارات وصفية، فإنها لا توحي بالتأثير الأكبر. فكمية الإشـــعاع الشـــمسي التي تصل إلى الأرض تعتمد على زاويته. عندما تشـــع الشـــمس من الأوج فوق الرأس مباشرة، فإنها تطلق ألف وات من الطاقة لكل متر مربع من الأرض. يعادل هذا عشرة مصابيح باستطاعة مائة وات لكل منها تشع على مساحة من الأرض بحجم حصيرة صغيرة.

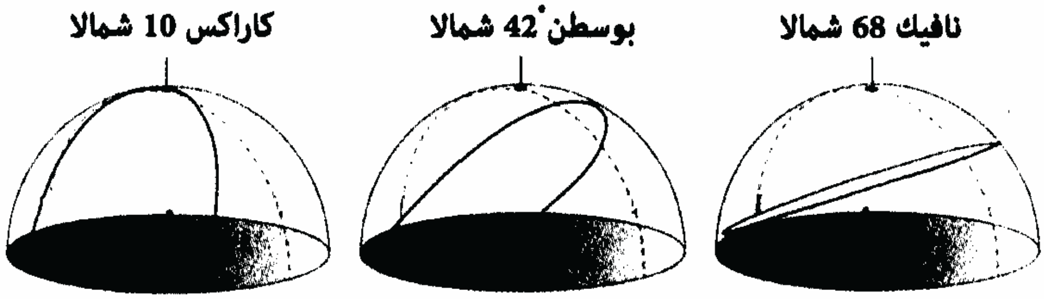
في نصف الكرة الشمالي تشع الشمس صيفا بصورة مباشرة أكثر على الأرض، وتلتقط الأرض كمية أكبر من الأشـــعة. وفي الشـــتاء عندما تكون الشـــمس أخفض في الســـماء، تنخفـــض كثافة الضوء بقوة. هذا المزيج من نهار أطول وأشـــعة مباشرة أكثر يســـخن الأرض في الصيف، بينما يجعل النهار أقصر مع أشعة أكثر ميلا والأرض أبرد في الشتاء.

ربما تعتقد أن معظم الناس يعرفون «لماذا يكون الشـــتاء باردا، والصيف حارا»، لكنك ســـتدهش بالنتيجة. في العام 1987 قابل صانعو أفلام مجموعة من 23 طالبا متقدما وأعضاء تدريس من جامعة هارفارد. أعطى 21 منهم الجواب الخطأ. قالت

الأغلبية إن الشـمس أقـرب إلى الأرض في الصيف (في الحقيقـة هي أقرب قليلا في يناير). اقترح منتجو الفيلم أن سـوء الفهم هذا يشير إلى خلل مهم في الطريقة التي تدرس بها العلوم. ربما لم تكن المشكلة في نظامنا التعليمي فقط، لكن الناس يجهلون موقع الشـمس ومسـارها في السماء لأن هذا لم يعد له معنى في حياتهم. لو قدمت هذه الأشياء كحقيقة منعزلة فلا يوجد سبب لربط مسار الشمس بالفصول.

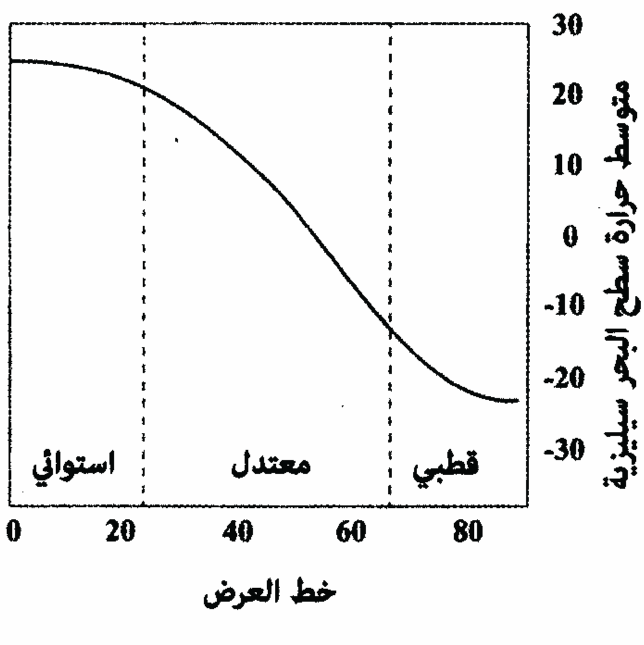
من جهة أخرى، إذا روقبت الشمس بشكل منتظم فسيكون لها معنى ملموس. خلال الربيع ترتفع الشمس أعلى في السماء، وتتغير نوعية الإشعاع بسرعة مع مرور كل يوم. في الصيف عندما تكون الشـمس في أعلى مكان لها في السماء، يكون النهار أطول، يصدر الضوء أشـعة متفاوتة الشـدة وألوانا براقة. في الخريف يصبح النهار أقصر بسرعة، وتنخفض الشـمس في السماء. في الشـتاء تكون الشمس منخفضة في السماء، وتكون طبيعة الضوء معتمة، وبتدفق منخفض[2].

تدعى كمية التسـخين بالإشعاع الشمسي (insolation). تأثير الإشعاع الشمسي ينتـج تغـير درجة الحرارة مع انتقال المرء من خط الاسـتواء نحـو القطبين. تدعى منطقـة خطوط العرض التي تصل الشـمس فيها إلى الأوج في وقـت ما من العام، والمحدودة بمدار السرطان عند 23 درجة شمالا، ومدار الجدي عند 23 درجة جنوبا بالمنطقة المدارية (tropics). سـمي هذان المداران بناء على علامات البروج، حيث تبـدو الشـمس في أقصى ميلانها. تمتد المنطقة المعتدلة الشـمالية إلى الشـمال من مـدار السرطان حتـى الدائرة القطبية، حيث تصبح الشـمس هناك قطبية دائرية. بالمثل، تمتد المنطقة المعتدلة الجنوبية جنوبا من مدار الجدي حتى الدائرة القطبية الجنوبية. يظهر الشـكل (73) مسارات الشمس في السماء بالنسبة إلى ثلاثة خطوط عرض: 10 درجات شـمالا (مدارية)، 42 درجة شـمالا (معتدلة) و68 درجة شـمالا (قطبية). في مدينة نارفيك في النرويج تكون الشـمس قطبية دائرية خلال الانقلاب الصيفي، وهي جزء من أرض شمس منتصف الليل.



الشكل (73): مسار الشمس خلال الانقلاب الصيفي عند ثلاثة خطوط عرض مختلفة 10 و42 و68 درجة شمالا.

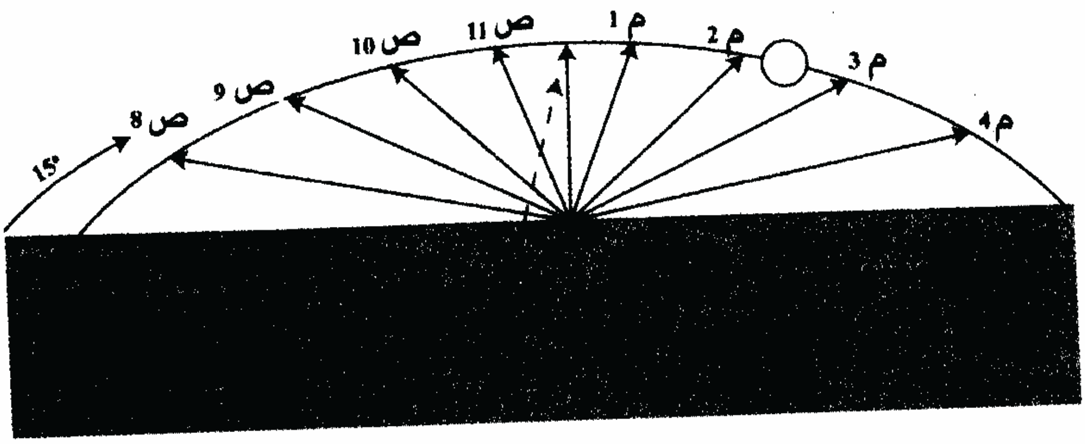
يظهر الشكل (74) متوسـط درجة الحرارة عند مستوى سطح البحر عند ثلاثة خطوط عرض مختلفة. درجة الحرارة عند خط الاستواء ثابتة تقريبا عند 26 درجة مئوية (79 درجة فهرنهايت). يوضح الشكل بوضوح تأثير شدة الإشعاع الشمسي بالنسبة إلى خطوط العرض. مع ابتعادك عن خط الاستواء في المنطقة المعتدلة، تنخفض درجة الحرارة بمعدل درجة مئوية تقريبا مع الانتقال مسافة 100 كيلومتر باتجاه القطب. (1 درجة فهرنهايت مع كل 35 ميلا). وتصبح درجة الحرارة ثابتة عند – 25 درجة مئوية (- 13 درجة فهرنهايت) في المنطقتين القطبيتين. ربما تتذكر من الفصل السادس تصنيفات المناخ عند اليونان والعرب حيث قسموا الأرض إلى مناطق حارة ومعتدلة وقطبية.



الشكل (74): متوسط درجة حرارة سطح الأرض عند خطوط عرض مختلفة.

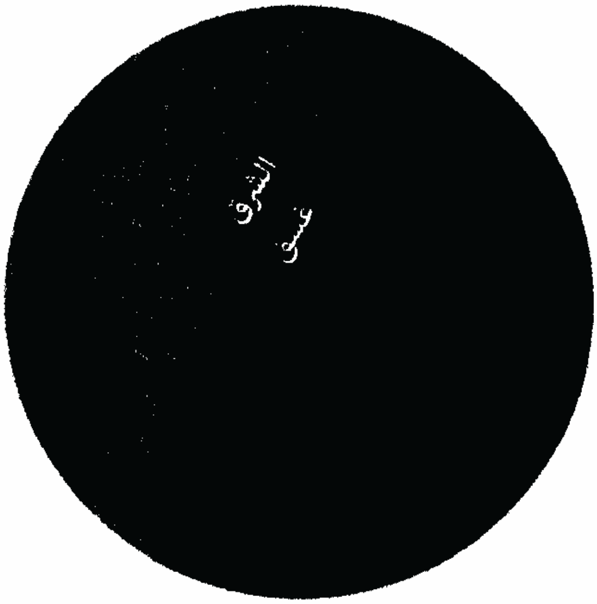
تظهر رسوم فنسنت فان كوخ بوضوح التقابل في خصائص الإشعاع الشمسي بين الأقاليم الشــمالية والجنوبية. فأعماله الأولى في هولندا وباريس معتمة وخافتة، غير أن أعماله اللاحقة في بروفانس مشرقة وممتلئة بالتقابل القوي في الألوان.

يوضح الشكل (75) مرور الشمس في السماء خلال النهار من وجهة نظر مراقب في نصف الكرة الشمالي. في هذا الشكل تشرق الشمس عند الساعة 7 صباحا، وتغرب عند الساعة 5 مساء. طول النهار في الشكل 10 ساعات، حيث يكون الوقت هو على الجانب الشــتوي من الاعتدال. يتحرك قوس الشـــمس بمعدل 15 درجة كل ساعة، وتصل عند مرورها بخط الزوال إلى أعلى ارتفاع لها.



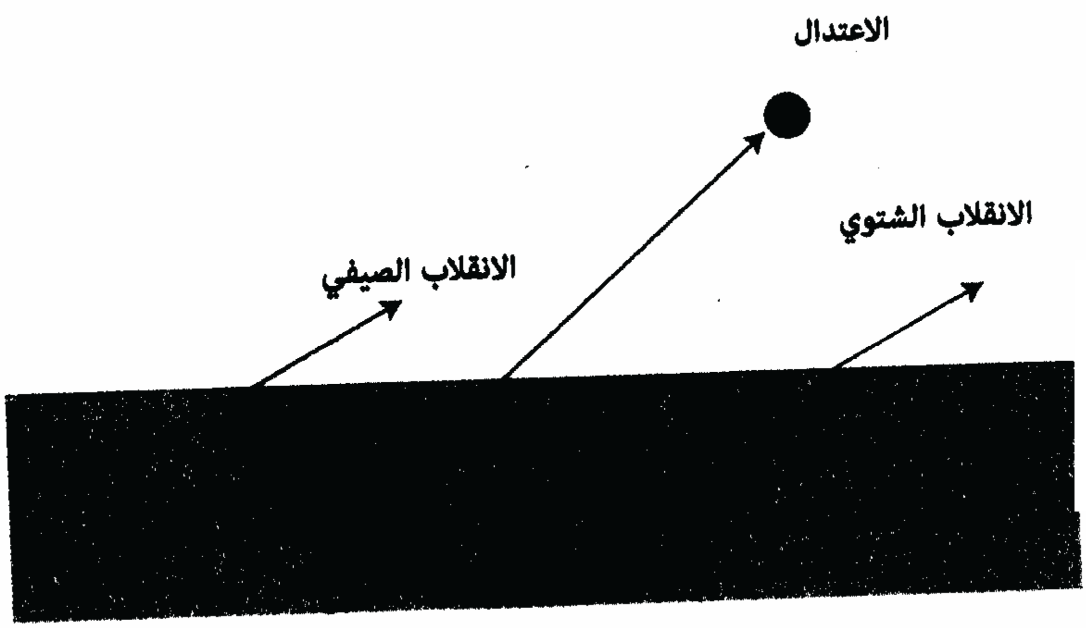
الشكل (75): مرور الشمس في نصف الكرة الشمالي بالنظر جنوبا.

مــع غروب الشــمس تصبح الظــلال أطول فأطــول. مع اقتراب الشــمس من الأفق تبدأ حتى أقصر عشــبة أو حبة رمل بإلقاء ظل طويل لها، حتى يقوم ســطح الأرض نفســه بإلقاء ظل له. يدعى الانتقال من ضوء النهار إلى ظل الليل بالغســق (terminator). الغســق على القمر هو ما نربطه بأطوار القمر. يظهر الشكل (76) الأرض وغســقها عند الانقلاب الصيفي. يمكنك رؤية أن المناطق القريبة من القطب الشمالي لا تظلم أبدا مع دوران الأرض. اتجاه الشمس الغاربة عمودي على الغسق. يمكنك من الشــكل أن ترى أن الاتجاه إلى الشــمس الغاربة يعتمد على خط عرض المراقب عند الانقلاب. عند الاعتدالين يمر الغسق من الشمال إلى الجنوب على طول خط زوال، وتشرق الشمس من الشرق الحقيقي وتغرب من الغرب الحقيقي.



الشكل (76): يشكل ظل الأرض الحد بين الليل والنهار ويدعى الغسق. الخط العمودي على الغسق هو الاتجاه إلى الشمس المشرقة (أو الغاربة). يبين هذا الشكل الغسق عند الانقلاب الصيفي.

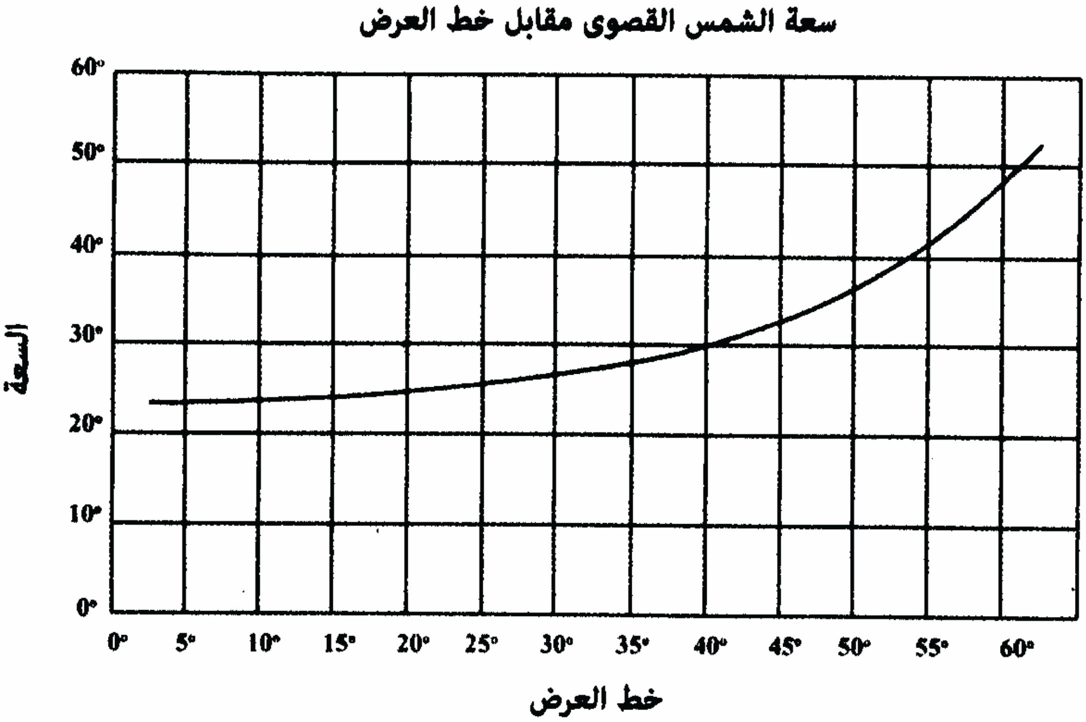
يمكن أن يكون موقع الشمس عند الشروق والغروب مفيدا. كان من مهمات الملاحين المنتظمة استخدام سمت الشمس الشارقة والغاربة لقياس الاختلاف المغناطيسي (الاختلاف بين الشمال المغناطيسي والشمال الحقيقي). يدعى اختلاف زاوية شروق الشمس عن الشرق الحقيقي «سعة الشمس» Sun's amplitude. يظهر الشكل (77) شروق الشمس في الأوقات الأربعة المهمة من العام: الانقلابان والاعتدالان. عند الاعتدالين تشرق الشمس من الشرق تماما. في كل يوم بعد الاعتدال الربيعي تشرق أبعد إلى الشمال من الشرق الحقيقي حتى تصل إلى أبعد نقطة لها شمالا عند الانقلاب الصيفي. بعد الانقلاب الصيفي تبدأ بالشروق أكثر إلى الجنوب حتى تعود لتشرق من الشرق الحقيقي مرة أخرى عند الاعتدال الخريفي. بعد الاعتدال الخريفي تشرق أكثر فأكثر جنوب الشرق الحقيقي حتى تصل إلى رحلتها الجنوبية العظمى عند الانقلاب الشتوي. ثم تبدأ بالتحرك شمالا مرة أخرى. عند الانقلابين تكون سعة الشمس شمالا وجنوبا أعظم ما يمكن خلال العام.



الشكل (77): مسارات الشمس عند الشروق عند الانقلاب الصيفي والاعتدال والانقلاب الشتوي. السعة العظمى هي أكبر ميل للشمس المشرقة (أو الغاربة) بالنسبة إلى الشرق (أو الغرب) الحقيقي شمالا أو جنوبا. تشرق الشمس أبعد ما يكون إلى الشمال عند الانقلاب الصيفي، وأبعد ما يكون إلى الجنوب عند الانقلاب الشتوي.

أكد بناؤو ستون هنج الانقلاب الصيفي بإحداث فتحة كبيرة في الجدار باتجاه الشمال الشرقي. عندما يقف المرء في مركز المجمع، تشير صخرة خلفية في منتصف الفتحة إلى اتجاه شروق الشمس عند الانقلاب الصيفي. يظهر عدد من المجمعات الحجرية الأخرى في العالم تموضعات باتجاه شروق الشمس أو غروبها عند الانقلابين.

تختلف سعة الشمس العظمى مع خط العرض (الشكل 78). في الحالة القصوى لمواقع فوق الدائرة القطبية الشمالية أو الدائرة القطبية الجنوبية (67 درجة شمالا أو جنوبا) عند الانقلابين، لا تغرب الشمس أبدا، وليس هناك معنى حقيقي للسعة الشمسية. تكون السعة أصغر ما يمكن عند خط الاستواء، وتعادل 23 درجة وتزداد خلال المنطقة المعتدلة. عند ستون هنج على خط عرض 51 درجة شمالا تكون سعة الشمس 40 درجة عند الانقلابين، ما يعني أنها تشرق عند سمت 50 درجة (شمال شرق) عند الانقلاب الصيفي، و130 درجة (جنوب شرق) عند الانقلاب الشتوي.



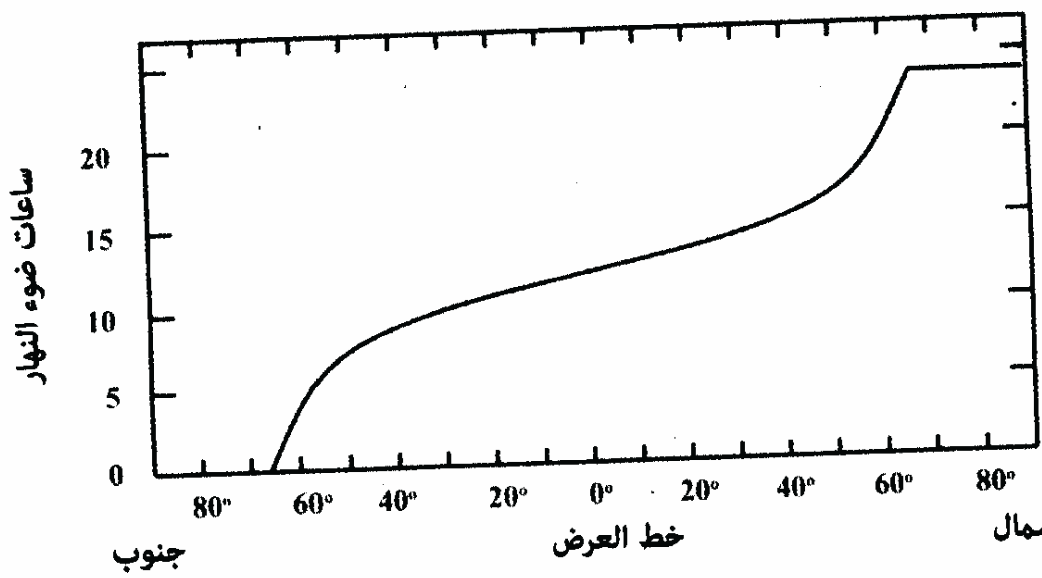
الشكل (78): تختلف سعة الشمس العظمى باختلاف خط العرض.

لا تحتاج إلى ستون هنج مصغرة لتحديد مواقع إشراق الشمس وغروبها. إذا راقبت شروق الشمس وغروبها من منزلك بالمقارنة مع علامات فارقة بعيدة، مثل أشجار أو منازل أخرى أو هضاب، يمكنك تتبع مرور الفصول. استخدمت قبيلة هوبي في أريزونا مواقع شروق الشمس وغروبها مقابل علامات أرضية بعيدة كوسيلة لمراقبة تقدم الفصول. أشار عالم الإنسانيات أليكساندر ستيفن إلى ذلك في دراساته حول قبيلة الهوبي. بحسب ستيفن فإن هناك أغنية مؤلفة من عشرين بيتا شعريا متكافئا تقريبا تصف النقاط على الأفق حيث تشرق الشمس وتغيب، ولأيام تتعلق بزراعة محاصيل معينة ونضجها[3].

طول اليوم

يعتمد طول اليوم عند أي موقع على التاريخ وخط العرض. إذا كنت تعيش في نارفيك، في النرويج (68 درجة شمالا) في منتصف يونيو فإن طول النهار سيكون أربعا وعشرين ساعة. بينما يكون اليوم في منتصف ديسمبر هناك ليلا دائما. إذا كنت تعيش في بوسطن يمكن أن يكون النهار بطول 15 ساعة وبقصر 9 ساعات. وإذا

كنت تعيش في كاراكاس فلن يختلف طول النهار كثيرا عن 12 ساعة. عند الاعتدالين يكون طولا النهار والليل متساويين عند خطوط العرض كلها. يظهر الشكل (79) طول النهار عند خطوط عرض مختلفة عند الانقلاب الصيفي. لاحظ أن المنحنى يصبح مسطحا فوق الدائرة القطبية، حيث تكون الشمس قطبية دائرية في ذلك الوقت من العام.



الشكل (79): طول اليوم وخط العرض خلال الانقلاب الصيفي. بعد الدائرة القطبية (67 درجة شمالا) يكون طول النهار أربعا وعشرين ساعة. عند الاعتدالين لا يعتمد طول النهار على خط العرض.

يظهر تحديد طول النهار لمعرفة خط العرض في عدد من كتب الملاحة المتبقية. خلال الحرب الباردة طورت القوات الجوية الأمريكية أسطولا من القاذفات طويلة المدى مازال بعضها في الاستخدام. كان على طاقم الطائرة أن يكون مستعدا للطيران إلى أي مكان على الكرة الأرضية بعد فترة أخطار بسيطة. مع توقع إمكان اضطرار الطاقم إلى الهبوط من الطائرة، دربت القوات الجوية الطيارين على تقنيات البقاء أحياء، ونشرت كتيبا إرشاديا يتضمن إرشادات للعثور على الموقع من دون أجهزة ملاحية. ينصح الكتيب من بين تقنيات عديدة أخرى، باستخدام طول النهار لمعرفة خط العرض، واحتوى على مخطط بصفحة كاملة لهذا الغرض. تفترض التقنية أن لديك ساعة، وأنك تستطيع تحديد موعد شروق الشمس وغروبها، وأن تشتق من

ذلك طول النهار. ما إن تحصل على ذلك، ثم تنظر في طول النهار في ذلك الوقت من العام، حتى يسمح لك المخطط في الكتيب بأن تعرف خط العرض الواقع عليه[4].

تعمل تقنية استخدام طول النهار لمعرفة خط العرض بشكل معقول عند أوقات قريبة من الانقلابين، عندما تصل الشـمس إلى أقـصى ميولها. عند الاعتدالين تصبح التقنية عديمـة الفائدة، لأن طول النهار والليل واحد في أي مكان على الأرض. لفترة شهر واحد من الانقلابين، فإن خطأ بسيطا في قياس طول النهار سيصبح خطأ كبيرا في تحديد خط العرض. على سـبيل المثال في محاولة لإيجاد خط عرض من طول النهار في منتصف أكتوبر كنت على خطأ بحدود 300 ميل.

حكايا فاينلاند وعلامات النهار

يظهر طول النهار ومسـار الشـمس كعلامتين أوليتين عـلى خط عرض الأراضي الجديدة المكتشفة من النورديين. يشـير مصطلح «حكايا فاينلاند» (Vinland) إلى نصين، حكاية الغرينلنديين وحكاية لايف إيريكسـون. كتبت هاتان الحكايتان بعد عدة مئات من السـنين من اكتشـاف أرض جديدة دعيـت فاينلاند، والتي اعتبرت بشكل شائع على أنها الشاطئ الشمالي الشرقي لأمريكا الشمالية. تعود الاكتشافات نفسـها إلى نحو 1000م تقريبا. تعطي لغة هذه الحكايات بعض الفهم حول كيفية استخدام النورديين مسار الشمس لمعرفة الوقت.

بالنسبة إلى النورديين كان تحديد الوقت والاتجاه متداخلا كما يرى من الشكل (73) في الأعلى، حيث يكون مسـار الشمس في نارفاك في النرويج (68 درجة شمالا) قطبيـا دائريا عند الانقلاب الصيفي. في آيسـلاندا وغرينلاند كان للشـمس مسـار منخفض في السـماء، ما يسـمح بمقارنة موقعها بعلامات فارقة على الأرض كطريقة لتحديد الوقت. وبينما قسَّـم المصريـون القدامى اليوم إلى أربع وعشرين سـاعة، اسـتخدم النورديون تقسـيما ثمانيا للوقت. هنا قائمة بأوقـات النورديين وترجمتها التقريبية (لاحظ أن الرمز σ يترجم أحيانا من النوردية القديمة «th» وأحيانا «d»):

1 - midnatti منتصف الليل.

2 - Otta الساعة 3 صباحا.

3 - Midur morgunn منتصف الصباح: 6 صباحا.

4 - Dagmal وجبة النهار: 8 - 9 صباحا.

5 - Hedegi منتصف النهار: ظهرا.

6 - Eykt الساعة 3 بعد الظهر.

7 - Midaftann منتصف المساء 6 بعد الظهر.

8 - Nattmal وجبة الليل 9 بعد الظهر.

في آيسلاندا كانت مقارنة موقع الشمس بالنسبة إلى علامات أرضية كما ترى من بيت مزرعة العائلة إحدى أكثر الطرق شيوعا لمعرفة الوقت، وشكلت ساعة طبيعية. دعيت العلامات الأرضية علامات - النهار. كتب زائر لآيسـلاندا في أوائل 1800 عن جبل استخدم من قبل عائلة زراعية لمعرفة منتصف النهار:

يشكل هذا الجبل خط زوال النهار لعائلة غريمشتاد. القليل من سكان آيسلاندا يمتلكون ساعات، والتوقيت الشمسي الوحيد الذي يستخدمونه هو الأفق الطبيعي، والذي يقسمونه إلى 8 نقاط متساوية تدعى علامات النهار. مستخدمين قمما معينة أو إسقاطات لجبال أو في غياب هذه يقيمون أهرام من الصخور بالارتفاعات المناسبة. أنشئت معظم أشكال الأهرام هذه من قبل المستوطنين الأوائل من النرويج، وجرت صيانتها جيلا بعد جيل. وهي تفسر الاختلاف في التوقيت بين الحسابات الآيسلاندية وتلك التي نستخدمها بشكل شائع[5].

يعطي مسار الشمس عند خط عرض المستوطنات في آيسلاندا مواقع في أوقات مختلفـة من النهار تعكس الأقسـام الثمانيـة للأفق إلى الشـمال (منتصف الليل) وشـمال شرق (أوتا) وشرق (منتصف الصباح) وجنوب شرق (وجبة النهار) وجنوب كمنتصف النهار(hadegi) وجنوب غرب (ekyt) السـاعة 3 ظهرا وغرب كمنتصف المساء (midaftann) وشمال غرب (وجبة الليل). يرتبط الوقت في اليوم بمكان ما أو stad. اسم المكان المؤشر على الظهيرة هو (hadegistad) والمكان المؤشر على وجبة النهار (dagmalastad)... وهكذا. توجد أسـماء الأماكن المرتبطة بعلامات النهار في آيسلاندا مثل (قمة منتصف النهار) أو (dagmalholl) (تلة وجبة النهار)[6].

في حكايات الغرينلنديين يجهز لايف إيريكسون طاقما لاستكشاف المناطق غرب غرينلاند بشـكل منتظم. يجد أرضا غنية يدعوها فاينلاند نسبة للأعناب البرية التي تنمو على شـواطئها. تصف الحكاية خصائص الشـمس في هذه الأرض الجديدة في

منتصف الشتاء. في الأصل تقص الحكاية على الشكل التالي (ترجمة حديثة للمقطع):

«كان النهار والليل أكثر تساويا في الطول مما هما في غرينلاند أو آيسلاند. في منتصف الشتاء كانت الشمس عالية في منتصف الصباح، ومازالت ظاهرة عند منتصف الظهيرة»[7].

الترجمة الحرفية لـ skammdegi هي «نهارات قصيرة»، وتعني الوقت عند الانقلاب الشتوي. الترجمة الأكثر حرفية للجملة الثانية هي:

مرت الشمس بمكان منتصف الظهيرة eyktarstad ومكان وجبة النهار dagmalstad في الأيام القصيرة (منتصف الشتاء).

أو

مرت الشمس بنقطة منتصف الظهيرة ونقطة وجبة النهار في منتصف الشتاء.

أو

مرت الشمس من الجنوب الشرقي إلى الجنوب الغربي في منتصف الشتاء.

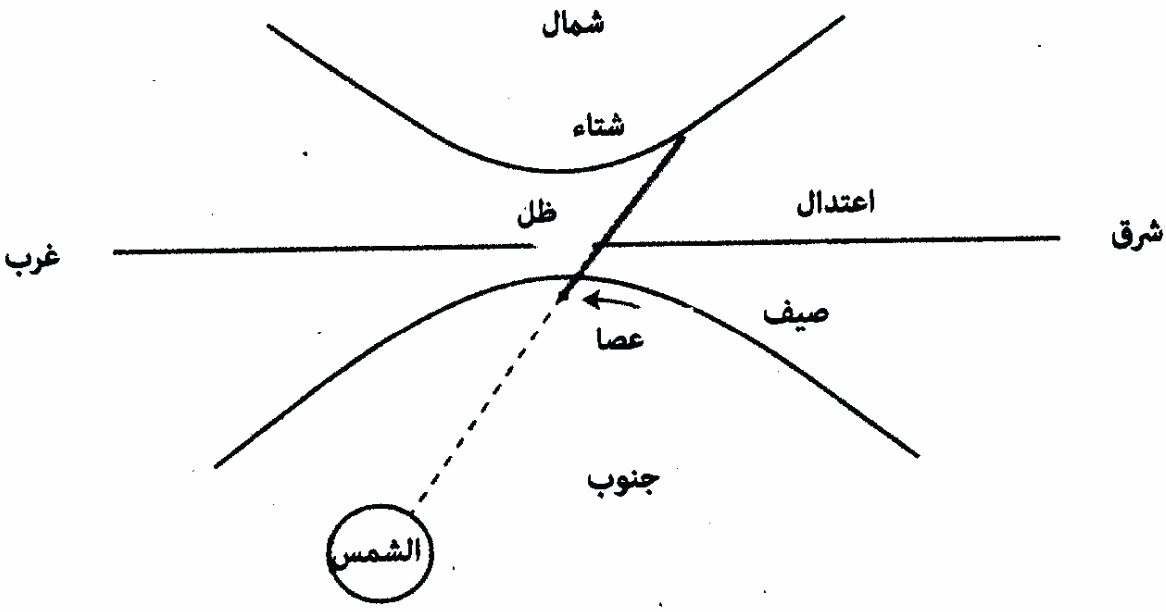
في آيسلاندا وغرينلاند هناك عدد قليل من ساعات النهار في منتصف الشتاء، لكن ما يوحي به المقطع السابق هو أن الأرض الجديدة تمتلك 6 ساعات تقريبا من ضوء الشمس نحو الانقلاب الشتوي. يفسر بعض الكتاب حرفيا هذه العبارة ويحددون خط عرض دقيقا لفاينلاند ربما كان غير مبرر. يبدو أن مؤلفي الحكاية يريدون أن يلفتوا الاهتمام إلى طول النهار وشكل مسار الشمس كما يرى في الأرض الجديدة. تتكلم حكاية فاينلاند أيضا عن رحلات إلى أيرلندا جنوبا باتجاه دبلن (53 درجة شمالا). عند الانقلاب الشتوي تمتلك دبلن 7 ساعات وثلاثين دقيقة من ضوء النهار، بينما تمتلك ريكجافيك آيسلاندا (64 درجة شمالا) ثلاث ساعات فقط من ضوء النهار. من المفترض أن البحارة النورديين في حقبة الحكايات كانوا يعرفون مسبقا اعتماد مسار الشمس على خط العرض.

البوصلة الشمسية

استخدم الظل في معظم فترات التاريخ البشري لتحديد الوقت. تقليديا استخدم طول ظل عصا لتحديد بدء صلاة ما بعد الظهر (العصر) بالنسبة إلى المسلمين. على الحائط الجنوبي لكنائس الساكسون في العصور الوسطى استخدمت عقارب mass

dials لتحديـــد أوقات الخدمات. عندما يصل ظل عصا إلى علامة على الجدار، يقرع الساكســـونيون جرسا لاســـتدعاء المؤمنين. يمكن استخدام مســـار الظل أيضا لمعرفة الموقع على الأرض.

يقدم الشـــكل (80) نظرة رأسية لمسارات الظل خلال النهار لعصا شاقولية عند الانقلابين والاعتدالين. هذه هي المسارات التي تراها إذا وضعت حصاة صغيرة عند نهاية الظل في فترات مختلفة خلال النهار. حســـاب مســـار ظل عصا مسألة مثلثات مشـــابهة لتلك المســـتخدمة في العثور على مسارات النجوم. عند الاعتدالين مع ذلك سيكون مسار الظل بالنسبة إلى جميع المراقبين على الأرض عبارة عن خط مستقيم. الاختلافات الوحيدة بين خطوط العرض المختلفة ستكون أقصر طول ظل. كلما كان المراقب أقرب إلى خط الاستواء أصبح طول الظل أقصر.

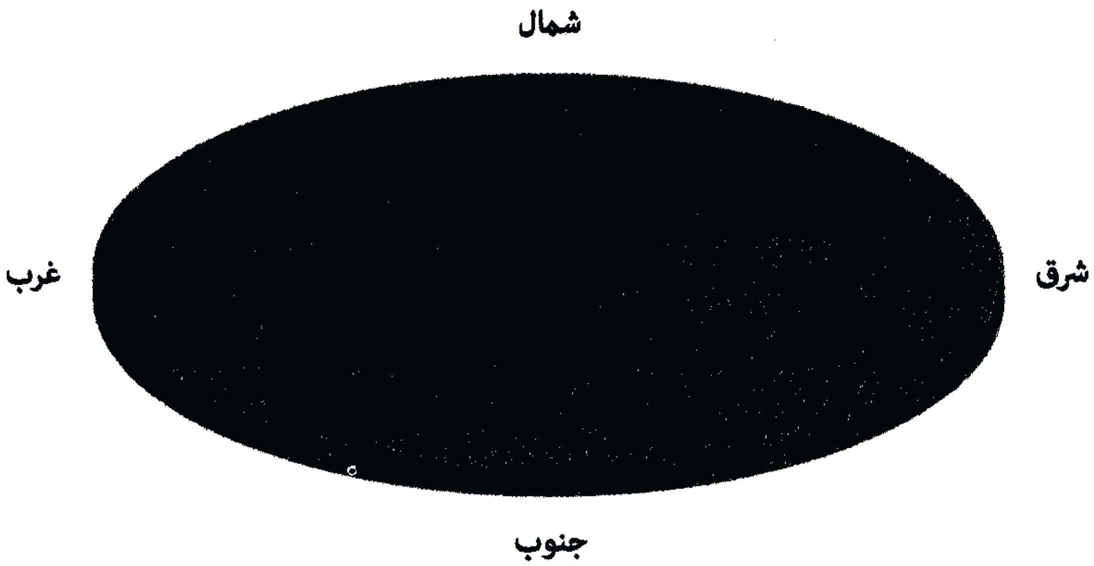


الشكل (80): مسارات ظلال عصا تتبعت بواسطة عصا في ثلاثة أيام مختلفة من العام: الانقلاب الصيفي والانقلاب الشتوي والاعتدالين كما ترى من الأعلى. المسارات موضحة لخط عرض 42 درجة شمالا.

عند أوقات خارج الاعتدالين يفترض المســـار الذي يتبعه رأس الظل شـــكلا أكثر تعقيـــدا يدعى القطـــع الزائد. القطع الزائد عبارة عـــن منحنى مفتوح لا ينغلق ولا يلمس نفسه أبدا. يكون الانحناء أعظم ما يمكن عند أقرب نقطة من العصا.

يوضح الشـكل (81) مبدأ البوصلة الشمسـية (المزولة). بتتبع مسار ظل العصا بعصا تدعى عقرب المزولة، يمكن الحصول على منحنى مميز لقمة الظل. يكون طول الظل مميزا في أي وقت من النهار. ما إن يعاير مسـار الظل حتى يدير المسـتخدم البوصلة إلى أن يلامس الظل المسار المتبع تماما موجها البوصلة الشمسية.

بدلا من حسـاب مسار قمة الظل باسـتخدام حسابات معقدة، يمكن للمرء أن يعايـره في يوم واحد مـن موقع ثابت بتتبعه. في أيام لاحقة يمكن لملاح أن يسـافر ومعه بوصلة شمسـية لتحديد الاتجاه. يمكن لمنحنى سـجل في يوم ما أن يستخدم بوثوقية معقولة لفترة أسبوع أو أكثر بعد تاريخ المعايرة.

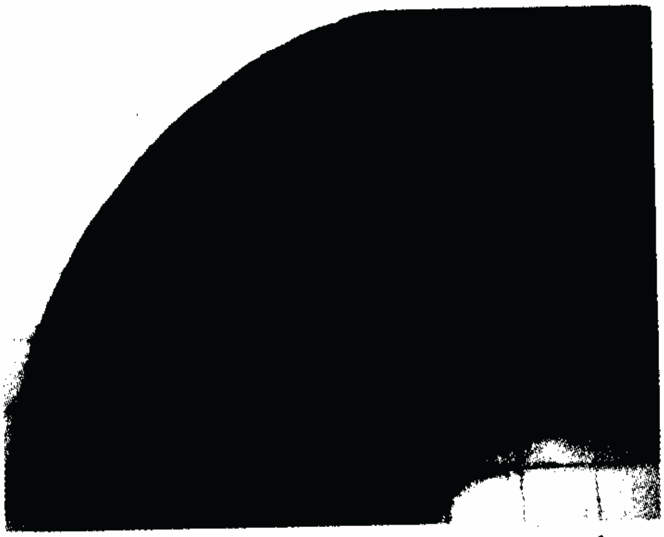


الشكل (81): مبدأ البوصلة الشمسية. يظهر هذا المثال الظل في وقت ما في فترة بعد الظهر خلال الصيف في نصف الكرة الشمالي.

اسـتخدمت نسـخة من البوصلة الشمسـية من قبل قوات الحلفاء في الحملة عـلى شـمال أفريقيا في الحرب العالميـة الثانية. لم تكن البوصلات المغناطيسـية في سـيارات الجيب موثوقا بها، لأن الحديد في سـيارة الجيب يحرف إبرة البوصلة. لا تعاني البوصلة الشمسية من هذه المشكلة، لذلك استخدمت بسرعة لتسمح للجيش بعبور مساحات واسعة في الصحراء بثقة.

في العام 1948 عثر عالم الآثار والمؤرخ الدنماركي فيباك على أداة خشبية مصنعة في ديـر بندكتيني بالقـرب من أونارتوك فجورد في جنـوب غرينلاند. حملت الأداة

المصنعة شبها ببوصلة شمسية، بوجود سلسلة من النقاط الموضوعة فوق دائرة. يظهر الشكل (82) صورة لها. ما بقي من الأداة هو بارتفاع 3 بوصات تقريبا، وله 17 نقطة محفورة على محيطها، وما يبدو أنه ثقب في منتصفها. إنها جزء فقط من دائرة كاملة، ولو أتم المرء الدائرة فيبدو أن لها 32 نقطة على طول المحيط بكامله.



الشكل (82): أداة مصنعة من البشر وجدت في غرينلاند ويعتقد الكثيرون أنها بقايا بوصلة شمسية نوردية. فسرت بعض النقوش على أنها مسارات للظل الملقى من عصا موضوعة في المركز.

تزعم القبطان سورين ثيرسلاند أمين المتحف البحري الدنماركي فكرة أن تكون هذه الأداة بوصلة شمسية استخدمت من قبل النرويجيين القدامى. إضافة إلى العلامات الشبيهة بالبوصلة على الحافة، يقال إن الخدوش على السطح هي آثار القطع الزائد للظل الملقى بواسطة عصا المزولة الممتدة من الثقب في المنتصف[8].

لقي تفسير أداة فيباك كبوصلة شمسية من صنع الفايكنغ بعض الشك. بينما تقترح النقاط المشابهة لبوصلة ذلك، غير أنها ربما كانت مجرد تزيينات، أو إنها صنعت لغرض آخر، وفق نقاد هذا التفسير.

الحجر الشمسي

هناك جهاز يدعى الحجر الشمسي (Sunstone) قيل إنه أداة أخرى في عدة أدوات ملاحي الفايكنغ. عليَّ أن أقص أولا بعض التفاصيل عن ضوء الشمس لشرح مبادئ الحجر الشمسي.

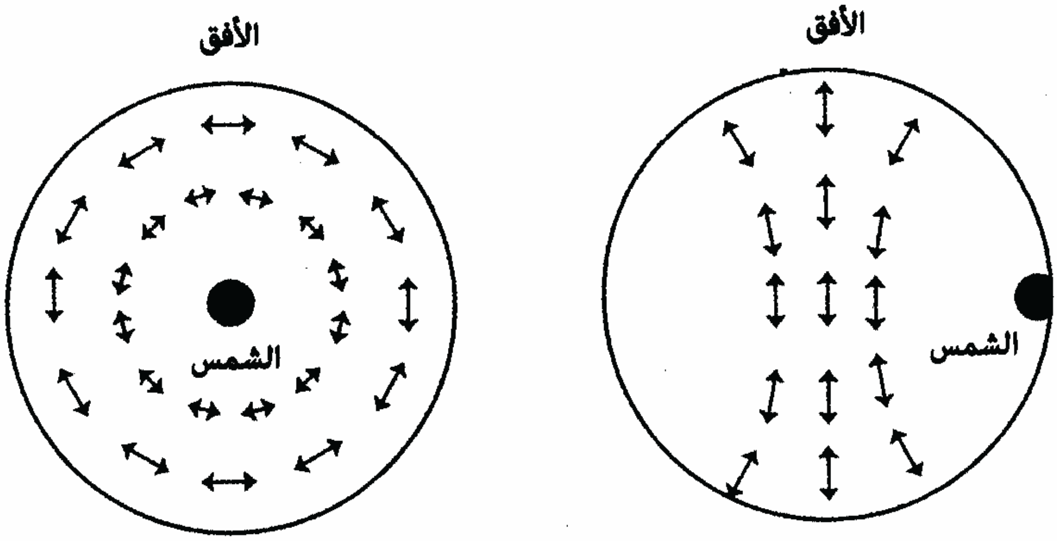
يمتلك معظم الناس حسـا غريزيا في النهار بناء على خصائص الضوء الشـمسي: شـدته ولونه. يأتي ضوء السـماء الأزرق من بعثرة جزيئات الهواء لضوء الشـمس، فالضوء الأزرق يتبعثر من جزيئات الهواء بشكل أسهل من الضوء الأحمر.

مـن ناحية أخرى، عندما تكون الشـمس منخفضة في السـماء يكـون لضوئها لون أحمر. تأخذ أشـعة الشمس طريقا طويلا خلال الغلاف الجوي بمشاهدته عند ارتفاعـات منخفضـة، ويتبعثر معظم الضـوء الأزرق للخارج، تـاركا الضوء الأحمر بشكل رئيس. يأخذ المصورون غالبا صورا عند شروق الشمس وغروبها، حيث يعطي اللون الوردي نتائج جميلة. وتحدث هذه الحالة عندما يتبعثر الضوء مرة واحدة من جزيء من الهواء قبل أن يصل إلى عينيك. من جهة أخرى، عندما يتبعثر الضوء مرات عدة، كما يفعل خلال سحابة، تختلط معلومات اللون كلها، وتبدو الغيمة بيضاء.

ينتج التبعثر الذي يخلق اللون الأزرق للسـماء تأثيرا آخر أيضا هو: الاستقطاب (polarization). يمكـن للضوء أن يهتز باتجاهات مختلفة، لكن إذا اهتز في اتجاه واحد فقط، فإنه يقال إنه مسـتقطب. عندما ينعكس الضوء من سطح ما، كما من بركة ماء أو سـقف سيارة، يبقى الاهتزاز الأفقي فقط: وهو الاتجاه الموازي للسطح العاكس. وهذا هو مبدأ عمل النظارات المسـتقطبة: فلها مرشـح يمنع الضوء المهتز أفقيا في العينين، ما يخفض من وهج السـطوح الأفقية. الضوء المنعكس من سطوح عمودية، كالنوافذ مثلا، يمر خلال النظارات الشمسية. إذا أردت أن ترى هذا بنفسك فخذ زوجا من النظارات المسـتقطبة وأدرهما مقابل وهج منعكس من سـطح ما، وسترى التغير في شدة الوهج مع زاوية الدوران. يستقطب الضوء أيضا عندما يتبعثر عن جزيئات الهواء في الغلاف الجوي، وهي العملية نفسها التي تخلق اللون الأزرق. عندما تنظر إلى بقعة من السـماء الزرقاء، يحدد اسـتقطابها بالمسـار الذي يأخذه الضوء من الشـمس إلى بقعة السماء إلى عينيك. بحسب الزاوية بين الشمس وبقعة السماء التي تنظر إليها سيكون للسماء مقادير مختلفة من الاستقطاب. في الحقيقة هناك نمط معين من الاسـتقطاب في السماء يمكن مسحه ببساطة بمرشح استقطاب، كما تفعل النظارات الشمسـية تماما. تسـتغل صور ضوئية عديدة ميزة هذا التأثير بواسـطة مرشحات خاصة. يتبعثر اسـتقطاب الضوء كله من غيمة، لذا فالضوء من الغيمة غير مسـتقطب، بينما يكون الضوء من السـماء الزرقاء مسـتقطبا. بتدوير

المرشح يمكن للمصور أن يلغي معظم الضوء من السماء الزرقاء، مبرزا الغيمة أكثر.

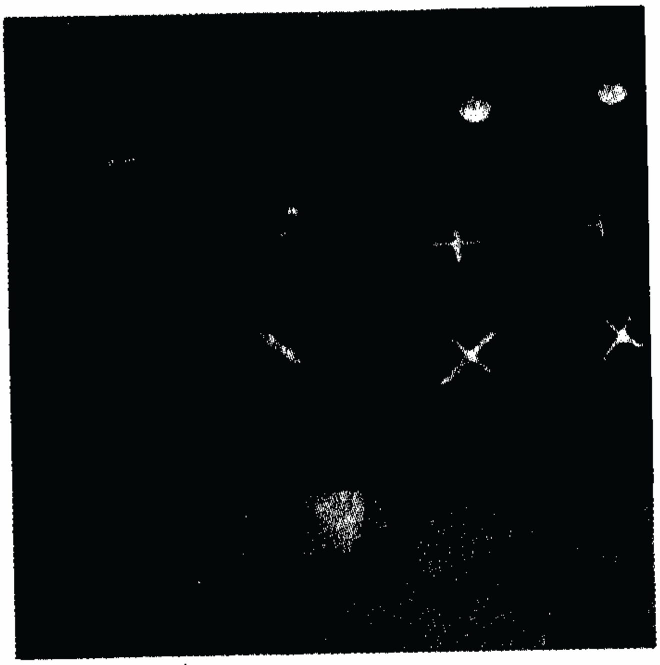
يظهر الشكل (83) نمط استقطاب السماء في منتصف النهار وقرب شروق الشمس وغروبها. تشير الأسهم في الشكل (83) إلى اتجاه الاهتزاز. عند زاوية 90 درجة للشمس تكون السماء الزرقاء مستقطبة تماما، بينما تكون هناك حالات مختلفة من الاستقطاب بحسب زاوية تبعثر الضوء.



الشكل (83): أنماط الاستقطاب للسماء وفق موقع الشمس. تمثل الأسهم اتجاه اهتزاز الضوء من السماء الزرقاء.

عندما تكون الشمس قريبة من الأفق يكون الاستقطاب فوق الرأس مباشرة أقوى ما يمكن (الجانب الأيمن من الشكل 83). لو كانت لديك طريقة للعثور على هذا الاستقطاب يمكنك العثور على الاتجاه نحو الشمس. وبشكل أكثر دقة سيكون اتجاه الاستقطاب عموديا على الاتجاه نحو الشمس في هذه الحالة.

تستدل بعض أصناف النمل على الاتجاه باستخدام استقطاب السماء. ربما تتذكر مسألة عد الخطوات من قبل نمل الصحراء في الفصل الرابع. يستخدم النمل ذاته استقطاب السماء لتحديد الاتجاه. إذا كان النمل يستطيع ذلك، فلماذا لا يستطيع البشر استخدام حيلة كهذه؟ إنهم يستطيعون ذلك إذا توافرت لهم الأدوات اللازمة لذلك. على النقيض من النمل لا تستشعر عيوننا مباشرة حالة الاستقطاب للضوء، لكن هناك بلورات طبيعية تفصل الضوء إلى حالاته المستقطبة. إحداها تدعى الكالسايت المبينة في الشكل (84).



الشكل (84): ضوء يمر خلال بلورة من الكالسايت (حجر آيسلاندا) يأخذ ممرات مختلفة وفق حالة استقطابه وتموضع البلورة.

في العـام 1967 اقـترح عالم الآثـار الدنمـاركي ثيوركيلد رامسـكو أن الفايكنغ استخدموا شيئا دعي «حجر الشـمس» لمعرفة اتجاه الشمس باستخدام استقطاب السـماء. بني جزء من هذا على مقطع من إحدى أسـاطير ملحمـة هارافانز «كان الطقس كثيفا وعاصفا... نظر الملك حواليه ولم ير سـماء زرقاء... ثم أخذ الملك حجر الشمس ورفعه أمامه، عندها رأى أين تشع الشمس من الحجر»[9].

يعرف الكالسـايت أيضا بحجر آيسـلاندا (Iceland spar) إذ إنه متوافر بكثرة في شرقي آيسـلاندا. بحسب عدد من الأوصاف فقد قيّمت بلورات الكالسيات كثيرا خـلال حقبـة الفايكنغ. لهذا الحجر خاصية غير عادية في انكسـار الضوء الثنائي، ما يعنـي أن الضوء ينكسر عند البلورة بزاويتين مختلفتين، بحسـب حالة اسـتقطاب الضـوء. يـؤدي هذا إلى إحداث صورتين للضوء لجسـم تمران خـلال البلورة كما في الشـكل (84). لبلورات الكالسـايت النقية بِنْية على شكل موشور سداسي، ما يعني أن كل طرف منها يصف معينا. تتعلق أطراف البلورة بحالة الاسـتقطاب، لذا عندما يكون طرف البلورة موجها بشكل صحيح تلغى حالة من حالتي الاستقطاب.

كُتِب الكثير عن أحجار الشمس منذ ورقة رامسكو الأولى. يأتي أحد أكثر التحريات عمقا حول اسـتخدام الحجر الشمسي من لايف كارلسـن، وهو بحار ومؤلف وثّق

عمله في كتاب بعنوان أسرار الملاحين من الفايكنغ. يضع كارلسن نقطة صغيرة فوق الحجر، ربما صنوبرة، ثم يرفعه نحو السـماء. يُنتِج الضوء من السماء الزرقاء بشكل عـادي خيالين للنقطة عند النظـر من الحجر، لكن عندما تدار البلورة بحيث يكون محورهـا في الاتجاه الصحيح، يختفي أحد الخيالين، ويشـير محـور البلورة الطويل باتجاه الشمس تقريبا. يعمل هذا بشكل جيد خصوصا عندما تكون الشمس قريبة من الأفق، وعندما يوجه الحجر عموديا[10].

ربما يتسـاءل القارئ اللبيب: «إذا كانت هذه الحيلة تعمل عندما تكون السماء الزرقاء مرئية، فما الفائدة منها؟ لا بد من أن الشـمس مرئية في الوقت ذاته أيضا». هذا سـؤال صحيح، لكن اعتبر الظروف في شمال الأطلسي عند خطوط العرض التي كان النورديون يبحرون فيها: الشـمس عادة منخفضة في السـماء، وغالبا ما يحجب الضباب كل شيء عدا بقعة زرقاء من السماء فوق الرأس مباشرة. عند هذه الظروف يصبح الحجر الشمسي مثاليا.

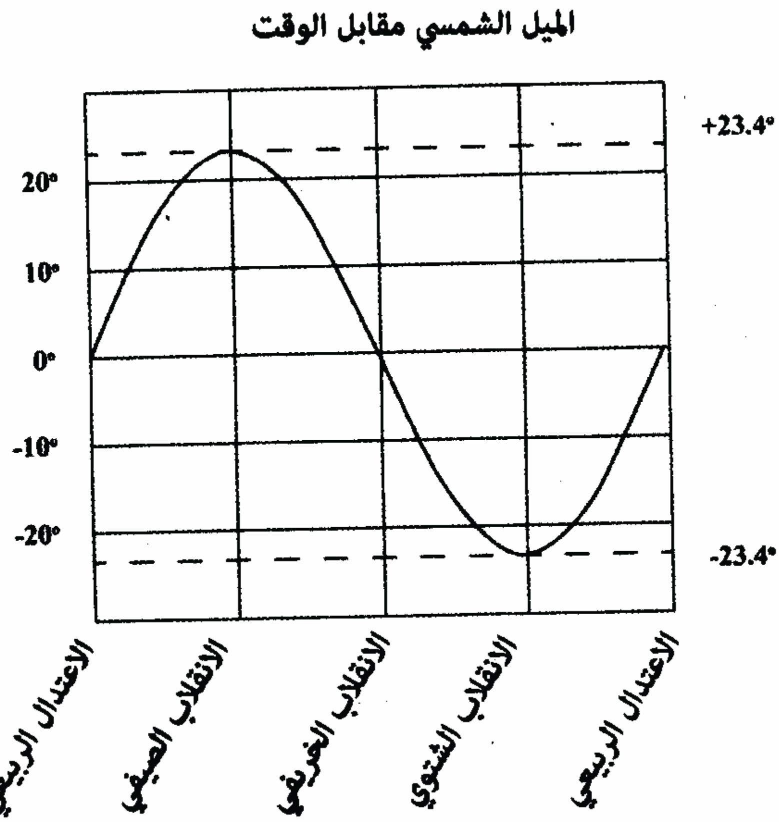
قمت باسـتخدام التقنية التي وصفها كارلسـن، وتأكدت من نجاعتها في العثور على الشـمس من رقعة من السـماء الزرقاء. اختبر بعض طـلابي أيضا فكرة الحجر الشمسي كجزء من مشروع لمعرفة ما إذا كان من الممكن استخدامه كبوصلة. حاولوا معرفة اتجاه الشـمال في وقت الغروب باسـتخدام الكالسـايت. وكدليل على أمانة الطلاب فقد جاءوا إليّ قائلين إنهم فشلوا لأن حجرهم الشمسي أشار بصورة منتظمة إلى غرب الشمال الحقيقي بمقدار معتبر: 30 درجة. سألتهم بعض الأسئلة واستنتجت بسرعة أنهم نسـوا أن يأخذوا موقع غروب الشـمس بعين الاعتبـار، والذي كان في حدود 30 درجة جنوب الغرب الحقيقي. كان الوقت أواخر نوفمبر في بوسـطن. لم يبرهنوا بعفوية على أمانتهم فحسـب، بل برهنوا على دقة الحجر الشـمسي أيضا. والتي قدروا في النهاية أنها تقع ضمن 5 درجات.

التوصل إلى الدقة بواسطة الشمس

ما وصفته سـابقا كان جيدا بما يكفي بالنسبة إلى الملاحين حتى القرن الخامس عشر. عنـد بداية الحقبة الأوروبيـة الغربية في الاكتشـافات، ازداد مدى الرحلات ليغطـي العـالم بأكمله، وشـكل هذا تحديـات أكـبر للملاحة. غامر المكتشـفون

البرتغاليون بالإبحار جنوبا على طول الساحل الأفريقي مجتازين خط الاستواء خارج مجـال رؤيـة نجم القطب الشـمالي. وبينما لم يكن نجم القطب الشـمالي مرئيا في نصف الكرة الجنوبي، بيد أن الشـمس كانت ظاهرة. دفع استخدام معاينة الشمس باستخدام أجهزة أكثر دقة الملاحة إلى مجال جديد، حيث أصبحت التأثيرات حتى 1 درجة أو أقل مهمة. لم تكن جداول مواقع الشمس والنجوم والكواكب جديدة على الفلكيـين والمنجمين منذ عصر بطليموس 200 م وما بعده، لكنها كانت المرة الأولى التي اسـتخدمت فيها هذه الجداول من قبـل الملاحين. وبينما تؤخذ مواقع النجوم على أنها ثابتة نسبيا، فإن حركة الشمس في السماء شكلت تحديا أكبر.

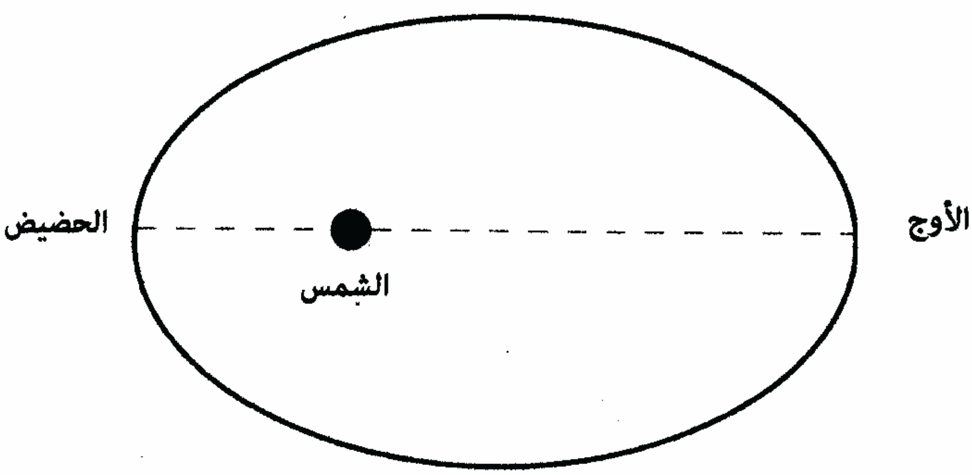
يظهر الشـكل (85) ميل الشـمس خلال العام بافتراض أن مـدار الأرض حول الشمس هو على شكل دائرة تامة. يصف المنحنى تابعا رياضيا يدعى التابع الجيبي والذي ينشـأ من إسـقاط نقاط حول دائرة على خط. يمكنك رؤية أن ميل الشمس يـزداد حتى قمة عظمى عند الانقلاب الصيفـي، ثم يعبر الصفر عند الاعتدالين، ثم ينخفض إلى قيمة صغرى عند الانقلاب الشتوي.



الشكل (85): ميل الشمس خلال العام بافتراض مدار دائري تام.

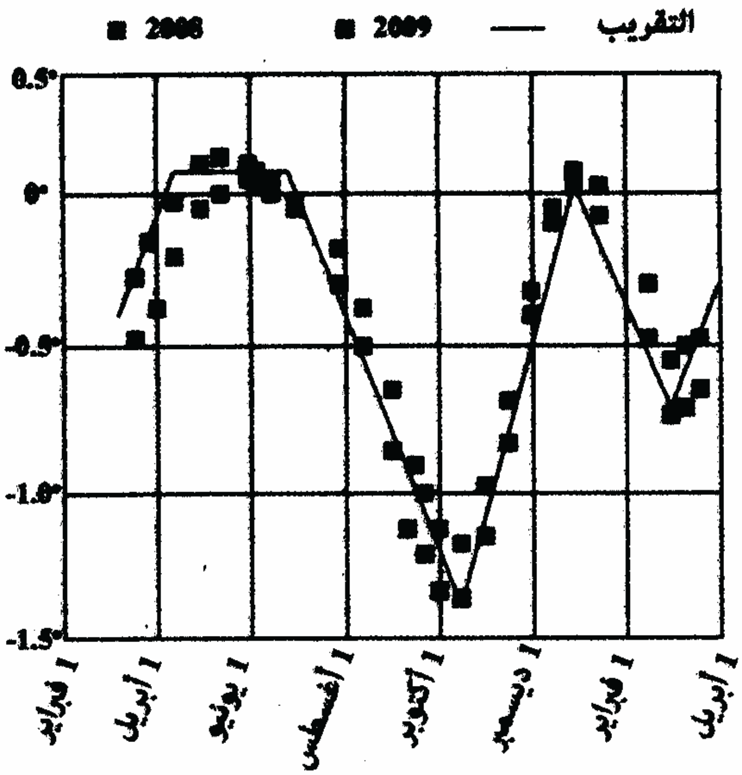
تقترح بعض كتب الإرشـــاد حول الملاحة هذا التابع الجيبي في الحالات الطارئة كطريقة للعثور على ميل الشـــمس في أوقات مختلفـــة. تفترض هذه الكتب بصورة عمليـــة مدارا دائريا على الرغـــم من أن هذا لا يذكر إلا نـــادرا. اختبرت ببراءة هذا التقريب لمعرفة دقته. ركّبت جهازا بدقة معقولة لقياس ارتفاع الشـــمس من قطع غيار موجودة في قبو منزلي. خمّنت أن في إمكاني قياس الارتفاع إلى دقة نحو خمس عشرة دقيقة قوســـية. بعد أن أجريت ملاحظاتي خلال يوم، وحســـبت خط العرض الواقـــع عليه، وجدت أنني بعيد بأكثر من 1 درجـــة، وهذا يعادل خطأ يعادل 100 ميل في الموقع، وهو عشر مرات أسوأ من دقتي! ما الخطأ الذي حصل؟

مدار الأرض حول الشـــمس ليس دائريا تاما، لكنـــه في الحقيقة إهليجي (قطع ناقص). لا تقع الشـــمس في مركز القطع الناقص، فهي أقرب إلى أحد طرفيه. يوضح الشـــكل (86) شـــكل مدار القطـــع الناقص، حيث تكون الأرض أقـــرب ما تكون إلى الشـــمس عند نقطة ما في مدارها تدعى الحضيض الشمسي (perihelion) وعندما تكـــون أبعد ما تكون في نقطـــة أخرى تدعى الأوج الشـــمسي (aphelion). تتحرك الأرض بسرعـــة أكـــبر قرب الحضيض الشـــمسي وبسرعة أبطأ قرب الأوج الشـــمسي. (يضخّم الشكل كثيرا تطاول مدار الأرض).



الشكل (86): مدار الأرض حول الشمس إهليجي. تتحرك الأرض بسرعة أكبر قرب أقرب نقطة من الشمس (الحضيض) من أبعد نقطة عنها (الأوج). يضخّم الشكل كثيرا تطاول مدار الأرض.

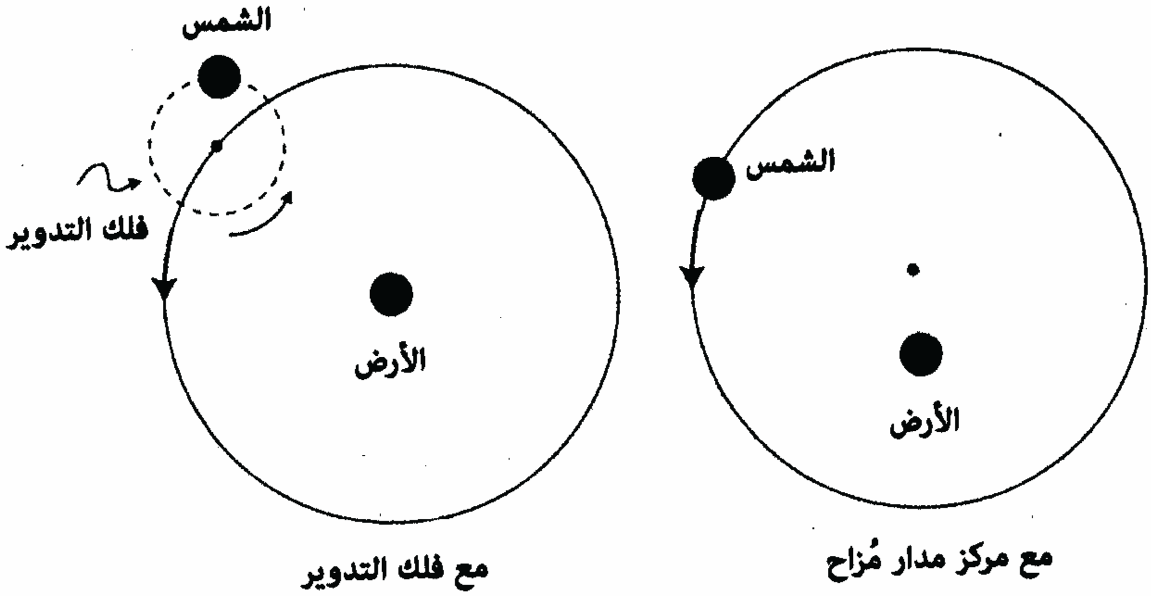
على الرغم من أن الانحراف عن الدائرة التامة في الشـكل (86) مبالغ فيه جدا، فـإن طبيعة المدار الإهليجية كافيـة لتخلق انحرافا ملاحظا عن التابع الجيبي المبين في الشـكل (85). يظهر الشكل (87) الاختلاف في الميل خلال عام بين افتراض المدار كدائرة تامة، والمـدار الإهليجي الفعلي. يمكنك رؤية أن اختلافات كبيرة بمقدار 1.5 درجة يمكن أن تنشأ في وقت ما من العام، وهي كبيرة بما يكفي لتسبب انزياحا كبيرا في خط العرض. من الشكل (87) يمكنك أن ترى أيضا أن هناك انزياحا في الميل عند أي وقت من عام إلى آخر. يعود جزء من هذا الاختلاف إلى أن التقويم ليس متزامنا تماما مع مدار الأرض. هناك 365.24 يوما في العام مما يتطلب سنة كبيسة كل أربعة أعوام، ويحدث «انزياحا» سنويا في الميل في أي وقت.



الشكل (87): اختلاف في ميل الشمس من نموذج المدار الدائري الكامل. النقاط السوداء والرمادية هي لسنوات مختلفة.

إذا كنـت قد اسـتطعت إيجاد الفارق بين مدار دائري ومدار على شـكل قطع ناقص خلال عطلة نهاية الأسـبوع بجهاز بدائي، فقد تتسـاءل لماذا لم يعرف القدماء بهذا الأمر، ولماذا اسـتمروا في اسـتخدام دوائر تامة لوصف حركة الكواكب. لاحظ الفلكيـون اليونانيـون القدامى بالفعل هذا التأثير، لكنهـم أرادوا أن يحافظوا على

فكرة كون يتمحور حول الأرض، وعلى فكرة الدوائر التامة. عثر بطليموس على طريقتين لإنشاء جداول دقيقة بشكل معقول للميل. جعل الشمس تدور حول الأرض (مدار حول الأرض) بمدار دائري، لكنه جعل الأرض بعيدة عن مركز الدائرة بمسافة كافية كي تتفق حساباته مع الملاحظات. هذا موضح في الشكل (88)، مع بديل يتضمن استخدام «مدار حول المدار» دُعي «epicycle» [فلك التدوير]. بين بطليموس أن نموذج المدارين ونموذج المدار الدائري المزاح يعطيان المَيل نفسه. عمل هذا النظام بشكل معقول لأربعة عشر قرنا في بناء جداول لحركة الشمس والكواكب في السماء. فقط عندما طور يوهان كيبلر دقة الحسابات مستخدما بيانات تاكو براها ظهر النموذج الحديث للنظام الشمسي.



الشكل (88): حلان ممكنان لمشكلة الميل الشمسي بمدارات دائرية حول الأرض كما اقترحهما بطليموس. في إحدى الحالتين أضيف مدار يدور على محيط المدار الأكبر حول الشمس. في الحالة الثانية أزيح مركز المدار عن مركز الأرض.

الزمن

يتحكم الضوء في تواتر اليوم، ويحدد الزمن بمرور الشمس. يمكن تحديد ثلاث نقاط في اليوم بسهولة: شروق الشمس والظهيرة وغروب الشمس. أما التقسيم الفرعي للوقت خلال اليوم فهو اصطلاحي بحت. وبينما استخدم الساكسون ثماني أمواج مد كأقسام فرعية لليوم، استخدمت التقاليد الرومانية القديمة اثنتي عشرة ساعة. تأتي الكلمة «ظهيرة noon» من الكلمة اللاتينية nona hora وتعني الساعة التاسعة من

النهار أو الساعة 3 بعد الظهر. كان هذا الوقت هو موعد الصلاة في الكنيسة، لكنه انزاح إلى منتصف النهار منذ نحو القرن الثاني عشر، واستمر بحمل الاسم «noon» معه. منذ ذلك الوقت أصبحت الكلمة «noon» مرادفة لكلمة منتصف النهار. يتغير طول النهار الكلي مع الفصول كما يتغير موقع شروق الشمس وغروبها. لكن يمكن دوما إيجاد منتصف النهار من الوقت الذي يكون فيه الظل أقصر ما يمكن.

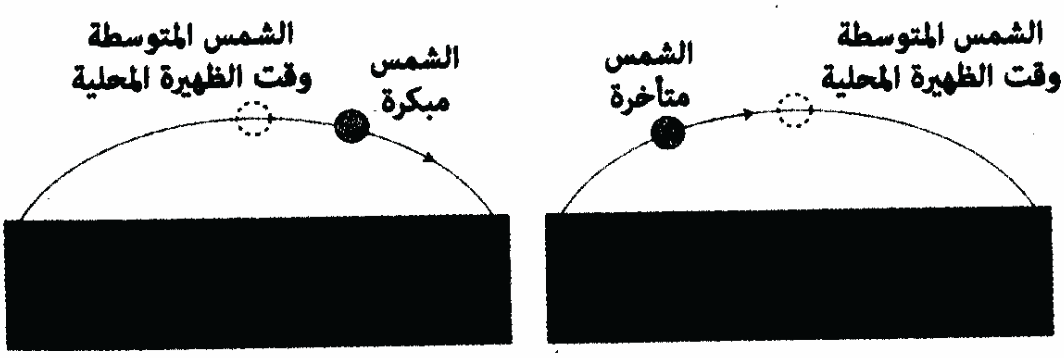
قبل شيوع استخدام الساعات الميكانيكية، كان الوقت غالبا ما يدل عليه عقرب الشمس. يمكن أن تكون الظهيرة في بلدة تقع إلى الغرب منك بـ 40 ميلا بعد أربع دقائق منك، بينما تكون في بلدة تبعد 40 ميلا إلى الشرق قبلك بـ 4 دقائق. طالما مادمت تنتقل من مكان إلى آخر سيرا على الأقدام أو على متن حصان فإن هذا الانزياح لا قيمة له. لكن عندما أصبحت الاتصالات والسفر أسرع من ذلك بكثير، خلقت فكرة التوقيت المحلي البحت تحديات. كيف يمكنك أن تسيّر قطارات وتتجنب الاصطدامات لو أن لكل بلدة توقيتها الخاص بها.

ظهرت فكرة المناطق الزمنية (time zones) بحلول نهاية القرن التاسع عشر لحل هذه المشكلة. فقط مع اختراع ساعات ميكانيكية دقيقة بشكل معقول أمكن تعيير الوقت عبر بلد بكامله. كل 15 درجة من خط الطول تعادل انزياح ساعة في موقع الشمس عند الظهيرة. لذلك رسمت كل منطقة زمنية لوضع الشمس ضمن ثلاثين دقيقة تقريبا من خط الزوال للمراقبين في المنطقة جميعهم. هناك استثناءات مهمة لهذا. تزاح حدود المنطقة الزمنية شرقا أو غربا كي تتجنب مراكز السكان الكبرى، كما اختارت بعض الدول أن تكون بعيدة بثلاثين دقيقة عن الحد القياسي. في العام 2007 أعلن الرئيس هوغو تشافيز أن فنزويلا ستكون ضمن منطقة زمنية تختلف بنصف ساعة عن جيرانها، لأن هذا على زعمه سيزيد الإنتاجية، ويحسن صحة المواطنين. ليس لأي من هذه القضايا أهمية بالنسبة إلى الملاحة، لكن يمكن أن تكون مهمة بالنسبة إلى التجارة المحلية.

للزمن أهمية بالنسبة إلى الملاحين قبل أن تعتمد المناطق الزمنية بكثير. يمكن تحديد خط الطول بمقارنة الظهر المحلي مع ساعة معيارية تسجل زمن خط الزوال الرئيس. سمح اختراع مقياس زمني بحري موثوق به من قبل جون هاريسون في القرن الثامن عشر للملاحين بمقارنة زمن مرور الشمس بخط الزوال المحلي

مـع الزمن في غرينتش. بـ 360 درجة خلال 24 سـاعة في اليوم، يعطي هذا سرعة دورانية بمقدار 15 درجة في السـاعة. تحويل الـ 15 درجة إلى سـاعة جعل حساب خط الطول سـهلا. هناك انزياح منتظم مهم بين موقع الشـمس والزمن بحسـب الساعة: معادلة الزمن.

تُضبط سـاعاتنا كلها على قياس يدعى متوسط الزمن الشمسي. من حيث المبدأ نتوقع أن تكون الشـمس عند خط الزوال في الظهـيرة في منتصف منطقتنا الزمنية. ليس هذا صحيحا دوما. بسـاعة موثوق بها سـنجد التالي: في بعض أيام السنة، تعبر الشـمس خط الزوال قبل 16 دقيقة من السـاعة 12.00 ظهرا، وفي أيام أخرى من العام، تعبره بعد أربع عشرة دقيقة (الشـكل 89). ربما تجد العذر لموعد يتأخر 14 دقيقة، لكن بالنسبة إلى بحار فإن هذا يمثل خطأ مقداره 210 ميلا بحريا.



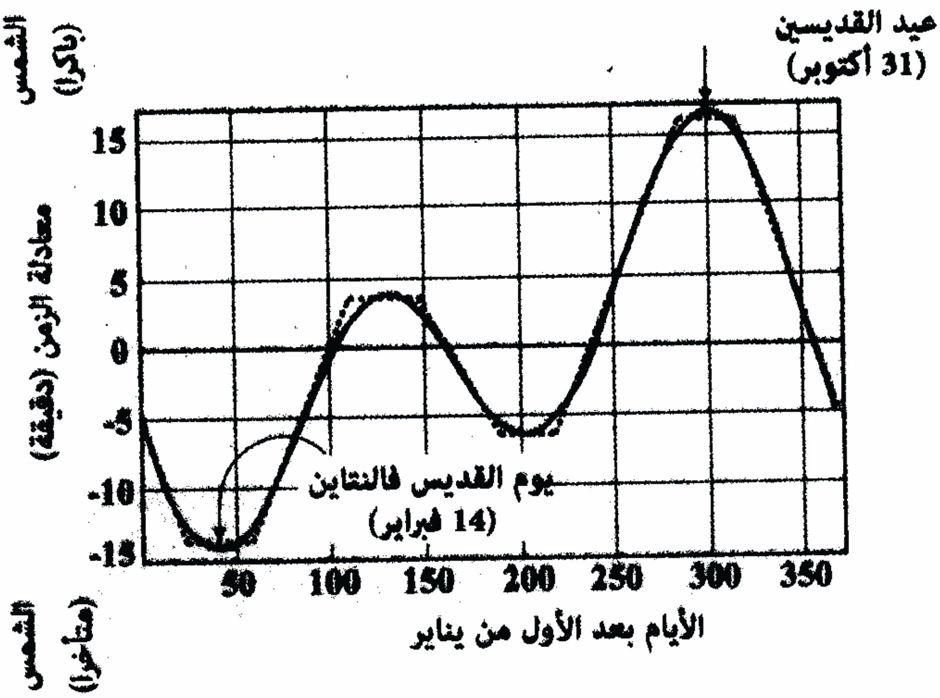
الشكل (89): تمثل الشمس المتوسطة في السماء متوسط زمن الإشعاع الشمسي - أساس ساعاتنا. يمكن للشمس الحقيقية أن تعبر خط الزوال قبل ذلك أو بعده وفق التوقيت في أثناء العام.

هناك تأثيران يسـببان هذا الانزياح. صادفنا التأثير الأول في سياق الحديث عن الميـل: انحراف محـور الأرض. مع زيادة سرعة الأرض أو تباطئهـا في مدارها، ينزاح موقع الشـمس في السـماء مقارنة بمدار دائري متوسط آخر. النقطة الأقرب للأرض من الشـمس تحدث في أوائل يناير. إضافة إلى التأثير في السـاعات فإن تأثير ازدياد السرعة هذا وتباطئها يتطلب تعديل الروزنامة. شذبت أطوال الشهور بحيث يحدث

الاعتدالان والانقلابان في اليوم 21 من يونيو وديسـمبر وسبتمبر ومارس. هناك 188 يوما بين 22 سبتمبر و21 مارس و185 يوما بين 21 مارس و22 سبتمبر وهو اختلاف يبلغ 5 أيام.

التأثير الثاني أكثر تعقيدا. كما تتذكر من الفصل السـابع تبدو الشـمس تتحرك على مسـار، يدعى المسـار الشـمسي يتغير فيه الميل وخط الطول السماوي. تكون الحركة خلال المسار الشمسي بمعدل أقل من 1 درجة بقليل كل يوم. يوحي تعريفنا لـ«متوسـط الزمن الشـمسي» بأن الانزياح في خط الطول السماوي للشمس ثابت خـلال العام، لكنـه في الحقيقة يتحرك للأعلى وللأسـفل. أحيانا يقـدم خط طوله السماوي بمعدل أعلى من المتوسط، وأحيانا يقدمه ببطء أكثر.

يصبح متوسـط هذين التأثيرين صفرا بإنشـاء متوسـط الزمن الشـمسي. لكن هذا يعني أن الشـمس سـتكون أسرع أو أبطأ، بحسب الموعد المعين. يظهر الشكل (90) علاقة الزمن لسـنة واحدة. يأتي الشـكل من مزج التأثيرين المذكورين سابقا. الكلمـة «علاقة» في عبارة «علاقة الزمن» تسـمية مغلوطة. على الرغم من أنه من الممكن تمثيل التأثير على شكل علاقة، بيد أنه أصبح يعني الفارق بين متوسط الزمن الشمسي وموقع الشمس في السماء.



الشكل (90): معادلة الزمن والتقريب منقط فوقها.

في الشــكل (90) تعنــي القيم الســالبة أن الشــمس بطيئة قياســا بالشــمس «المتوســطة»، وهو شيء افتراضي يمثل موقع الشــمس من دون التأثيرين السابقين. الخط المنقط مســاعد تقريبي يســتخدمه بعض الناس لحفــظ علاقة الزمن. يدعى بـ«التقريب شــبه المنحرف» ويسمح للشخص بتجاوز حســابات مثلثية معقدة في حالة طارئة.

القمر

مرور القمر في الســماء أكثر تعقيدا من مرور الشــمس فيها، والتي هي صعبة التتبــع. حركة القمر مثال على ما يدعوه الفيزيائيون بـ «مســألة الأجســام الثلاثة (three – body problem)». نظريــة نيوتــن في الجاذبيــة دقيقة جدا، وحســاب مســاري جســمين عملية ســهلة. لكن عندما يكون هناك ثلاثة أجسام في آن واحد، تصبــح الحركة الناجمة عنها صعبة الحل، على الرغم مــن أننا نعرف القوى المؤثرة من حيث المبدأ. هذا هو الوضع بالنســبة إلى القمر، حيث تبذل الشــمس والأرض كلاهما قوى متنافســة عليه. مثّل هذا الوضع تحديا كبيرا لحله بالنســبة إلى بعض أفضل الفلكيين والرياضيين في القرن الثامن عشر.

تعكس نشرة من القرن الثالث عشر من النرويج تدعى مرآة الملك تعقيد حركة القمر: «لكن تلك الأشياء من الصعب على التجار ملاحظتها لتحديد مسارهم بسرعة لأن القمر يأخذ خطوات كبيرة إلى الأعلى والأسفل بحيث يصعب على الناس تحديد الاتجاهات من مساره»[11].

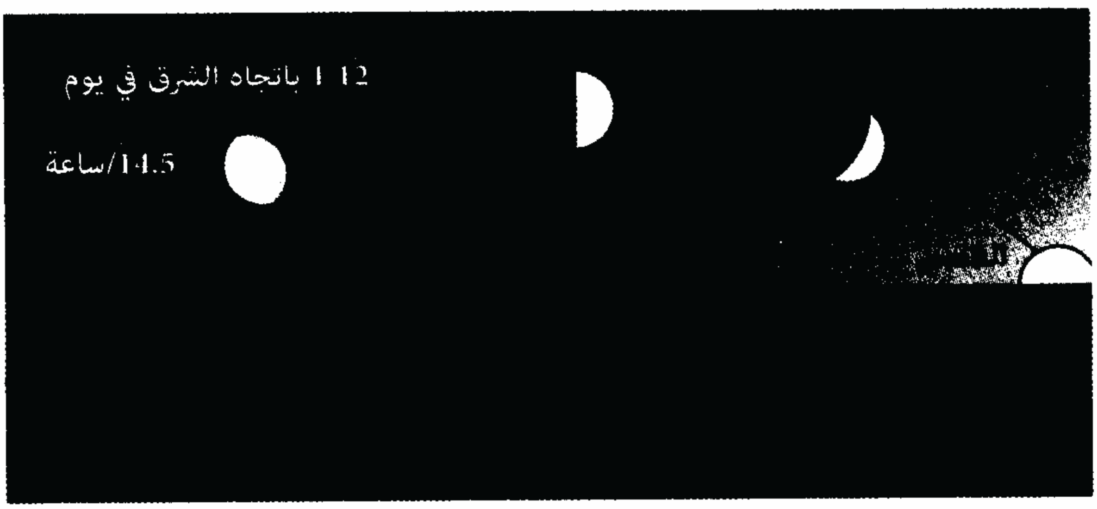
تقع الشمس والكواكب في طريق المسار الشمسي. لو نظرت إلى النظام الشمسي من بعد، فســترى أن مــدارات الكواكب كلها تقع تقريبا في مســتوى واحد، يدعى مســتوى المســار الشمسي. يشير وجود مســتوى المسار الشــمسي إلى أصل مشترك للكواكــب في النظام الشــمسي. نتيجة لذلك، تتحدد حركة الكواكب في الســماء مع حركة الشــمس، إلى حد بعيد بمدارات على طول المســار الشمسي. لكن مدار القمر من ناحية أخرى، يميل بزاوية 5 درجات تقريبا على مســتوى المسار الشمسي. يعود هذا جزئيا إلى التنافس بين جاذبية الشمس وجاذبية الأرض في التأثير على القمر.

نتيجــة للتداخل المعقد بين الأرض والشــمس، يخلق التوقيــت بين مدار القمر

ومـــدار الأرض بعض الـــدورات. إحدى الدورات وتدعى الـــدورة الميتونية(*) طولها 19 ســـنة، وتتنبأ بالحـــوادث القمرية بدقة جيدة. خلال هـــذه الدورة، يمكن للقمر أن يظهـــر ميلا أعظميا أكبر بمقدار 29 درجة، وأصغر بمقدار 18 درجة. عندما يكون القمر في ميله الأعظمي الأكبر يقال بأنه عند توقف كبير، ويقال عند ميله الأعظمي الأصغر بأنه عند توقف صغير.

يتطلب اســـتخدام القمر في الملاحة الدقيقة حسابات صعبة أصبحت شائعة في أواخر القرن الثامن عشر فقط عندما أمكن إنتاج جداول دقيقة. كان لهذه الجداول فائدة خاصة بالنســـبة إلى البحارة الذين لا يســـتطيعون شراء مقاييس زمنية مكلفة لتحديـــد خط الطول. يظل اســـتخدام القمر مفيدا للملاحة بشـــكل تقريبي، حيث يمكن لبضع قواعد بسيطة أن تساعد في ذلك.

للقمر الوجه نفســـه المقابل للأرض دوما (الشـــكل 91)، نتيجـــة لقوى المد بين الأرض والقمـــر. يضاء القمر من الشـــمس، لذا يبدو القمـــر كاملا عندما يكون على الطرف المقابل للأرض من الشـــمس. ينتج هذا تأثير ترافق الشمس وهي تغرب مع بزوغ البدر.



الشكل (91): الخصائص العامة للقمر. يواجه الجانب المضيء من القمر الشمس. يتحرك القمر عبر السماء بسرعة 14.5 درجة كل ساعة، ويتحرك إلى الشرق بسرعة 12 درجة كل يوم.

(*) دورة قمرية مدتها 19 ســـنة يعود فيها القمر الكامل والجديد للأيام نفســـها من العام. كانت أســـاس التقويم اليوناني القديم ومن هنا جاء الاسم ومازالت تستخدم لحساب مواعيد الأعياد المتحركة كعيد الفصح. [المترجم].

يبزغ قمر جديد عندما يكون القمر على الجانب نفسه من الأرض مثل الشمس. عندمـا يكون القمر هلالا يكون الجانب اللامع منه مواجها دوما للشـمس. وكبقية الأجسام السماوية الأخرى، يتحرك القمر في قوس عبر السماء بالسرعة نفسها تقريبا التي تتحرك بها الشمس والنجوم. يتم القمر دورة كاملة حول الأرض في 27.3 يوما. نتيجـة لهـذا المدار السريع، يبزغ القمـر ويغيب متأخرا 50 دقيقـة لكل يوم على التـوالي. يتحرك شرقا عـلى خلفية من النجوم الثابتة بمعـدل 12 درجة في اليوم، أو نصف درجة كل سـاعة. سرعة دورانه وقربه من الأرض تجعله أسرع جسم سماوي في السماء.

بما أن الشمس تنير القمر، يتجه غسق القمر على محور شمال - جنوب تقريبا. يسمح هذا باستخدام حيلة لتحديد الجنوب في خطوط العرض المتوسطة باستخدام حافة غسق القمر. للهلال قوسان على شكل الحرف C يتقاطعان في نقطتين، تدعيان بـ «قرني القمـر». بذراع ممدودة اصنع قوسـا يصل نقطتي القرنـين ثم أدر ذلك القوس نحو الأفق. سيشير تقاطع هذا القوس مع الأفق إلى الجنوب تقريبا.

تعتمد أطوار القمر على الموقع النسـبي للشـمس بالنسبة إلى القمر، لذا يمكن للمرء استخدام القمر في السماء كنوع بدائي من الساعة. هنا بعض الأمثلة:

1 - القمـر الكامل (البدر): يكون القمر بـدرا عندما يكون على الطرف المقابل للأرض بالنسبة إلى الشمس. لو كان البدر في أعلى نقطة له في السماء (عبور الزوال) يكون الوقت منتصف الليل تقريبا حسب التوقيت المحلي.

2 - نصـف قمر بوجه منير يشـير إلى الغرب: تكون الشـمس أمام القمر بـ 90 درجـة. لو كان القمر عند مروره بخط الزوال، فسـيكون الوقت 6 سـاعات خلف الشـمس، أو عنـد الغروب تقريبا. عندما يغيب هذا القمـر يكون الوقت منتصف الليل تقريبا.

3 - نصف قمر بوجه منير يشـير إلى الشرق: تكون الشـمس خلف القمر بـ 90 درجة، لو كان نصف القمر هذا يبزغ فسيكون الوقت منتصف الليل تقريبا. لو كان نصف القمر هذا عند مروره بخط الزوال فسيكون الوقت 3 صباحا تقريبا.

يمكنـك مـلء التفاصيل للأطـوار الأخرى من القمـر. تذكر أن هـذه القوانين

التجريبية تقريبية جدا، ويمكن للتقديرات أن تختلف بعدة ساعات، بحسب الوقت من السنة، وتوجه القمر، وقدرتك على معرفة طوره - تذكر أن اليوم الواحد يعادل 12 درجة من حركة القمر، هذا يعني أن القمر يبزغ متأخرا بمقدار خمسين دقيقة كل يوم.

مواقع النجوم والشمس في السماء هي أساس الملاحة السماوية، وهي فرع من الملاحة يختص باستخدام الأجسام في السماء للحصول على تثبيت للموقع. قياس ارتفاع جسم سماوي مهم للملاحة السماوية، ويتطلب قياسات دقيقة، وبعض عوامل التصحيح المفصلة لأخذ تأثير انحناء الضوء في الغلاف الجوي والمسافة إلى الأفق بعين الاعتبار. قبل القفز إلى معالجة مفصلة لخطوط العرض والطول، سأتحول لمعالجة سريعة لعوامل التصحيح هذه في الفصل التاسع.

الهوامش

الفصل الأول

1. See chapters 15 and 17 for more discussion.
2. Birgitta Ferguson, "L'Anse aux Meadows and Vinland, Approaches to Vinland," proc. of *A Conference on the Written and Archaeological Sources for the Norse Settlements in the North-Atlantic Region and Exploration of America, Reykjavik, 9–11 August 1999,* ed. A. Wawn and T. Sigurdardottir (Reykjavik, Iceland: Sigurdur Nordal Institude, 2001), 134–146.
3. Geoffrey Irwin, *The Prehistoric Exploration and Colonisation of the Pacific* (Cambridge: Cambridge University Press, 1992), 7–9.

الفصل الثاني

1. Robin Lord, "Hope wanes for missing kayakers," *Cape Cod Times* (October 14, 2003): 1.
2. Knud Rasmussen, "The Netsilik Eskimos: Social Life and Spiritual Culture," in *Report of the Fifth Thule Expedition 1921–24*, 8:1–2 (Copenhagen: Gyldendalske Boghandel, Nordisk Forlag, 1930), 91.
3. Colin Irwin, "Inuit Navigation, Empirical Reasoning and Survival," *Journal of Navigation* 38 (1985).
4. David Pelly, "Lost? Never! Understanding Traditional Inuit Navigation," *Above and Beyond* (2001), 39–43. http://www3.sympatico.ca/dpelly/Lost%20-%20Never.pdf.
5. Irwin, "Inuit Navigation," 184.
6. Ibid., 183.
7. Pelly, "Lost? Never," 41.
8. David Lewis, *We the Navigators*, 2nd ed. (Honolulu: University of Hawaii Press, 1994), 171–191.
9. Thomas Gladwin, *East Is a Big Bird* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1960), 181–195.
10. Over the course of thousands of years, Polaris wanders from its position at true north. For example, in 1500 it was approximately 4 degrees off true north.
11. Peter Sawyer, *The Oxford Illustrated History of the Vikings* (Oxford: Oxford University Press, 1997), 198.
12 Vidar Hreinsson and Liefur Eiriksson, eds, *The Complete Sagas of Icelanders* (Reykjavik: Liefur Eiriksson Publishing, 1997), 20.
13. Edward Tolman, "Cognitive Maps in Rats and Men," *The Psychological Review,* 55:4 (1948): 189–208.

14. Roger Peters, "Communication, cognitive mapping, and strategy in wolves and hominids," in *Wolf and Man: Evolution in Parallel*, ed. Roberta Hall and Henry Sharp (New York: Academic Press, 1978), 95–112.

15. J. O'Keefe and J. Dostrovsky, "The hippocampus as a spatial map: preliminary evidence from unit activity in the freely moving rat," *Brain Research* 34 (1971): 171–175.

16. A. Saint-Exupéry, *Wind, Sand and Stars*, trans. L. Galantiere (New York: Harcourt, Inc., 1967), 45.

17. Terrazas, A. et al., "Self-motion and the hippocampal spatial metric," *J. Neurosci.* 25 (2005): 8085–8096.

18. T. Hafting, M. Fyhn, S. Molden, M.-B. Moser, E. I. Moser, "Microstructure of a spatial map in the entorhinal cortex," *Nature* 436 (2005): 801–806.

19. C. Doeller, C. Barry, and N. Burgess, "Evidence for grid cells in a human memory network," *Nature* 463 (2010): 657–661.

الفصل الثالث

1. K. A. Hill, *Lost Person Behavior* (Ottawa, Canada: The National SAR Secretariat, 1998), 2.

2. J. Genz, *Marshallese Navigation and Voyaging: Re-learning and Reviving Indigenous Knowledge of the Ocean,* PhD dissertation (University of Hawaii, May 2009), 136.

3. J. Genz, personal communication (2012).

4. www.dbs-sar.com.

5. William Syrotuck, *Analysis of Lost Person Behavior: An Aid to Search Planning* (Mechanicsburg, PA: Barkleigh Productions, Inc., 2000), 22.

6. Cary J. Griffith, *Lost in the Wild* (St. Paul, MN: Borealis Books, 2006), 90–91.

7. J. Souman et al., "Walking Straight into Circles," *Current Biology* 19:18 (2009): 1538–1542.

8. F. Lund, "Physical asymmetries and disorientation," *American Journal of Psychology* 42 (1930): 51–62.

9. Robert Koester, private communication (2011).

10. Syrotuck, *Analysis of Lost Person Behavior*; Hill, *Lost Person Behavior*; A. Koestler et al., *Lost Person Behavior* (Charlottesville, VA: dbS Productions, 2008).

11. Syrotuck, *Analysis of Lost Person Behavior*, 29

12. Koestler, et al., *Lost Person Behavior,* 155, 164, 184, 194.

13. Koester, et al, *Lost Person Behavior*, 53–56.

14. R. Descartes, trans. J. Veitch, *Discourse on the Method* (New York: Cosimo, 2008), 25.
15. A. P. Low, "Report on Exploration in the Labrador Peninsula along the East Main, Koksoak, Hamilton, Manicuagan and Portions of Other Rivers in 1892–93–94–95," *Annual Report of the Geological Survey of Canada* 8L (Ottawa: Geological Survey of Canada, 1895).
16. Dillon Wallace, *The Lure of the Labrador Wild* (White River Junction, VT: Chelsea Green Publishing, 1990), 1–2.
17. Wallace, *The Lure of the Labrador Wild,* 53.
18 Ibid., 53, 54.
19 Ibid., 188.

الفصل الرابع

1. M. Wittlinger, R. Wehner, and H. Wolf, "The Ant Odometer: Stepping on Stilts and Stumps," *Science* 312 (2006): 1965–1967.
2. David Lewis, *We the Navigators*, 2nd ed. (Honolulu: University of Hawai'i Press, 1994), 277–278.
3. James Pinsep, "Note on the Nautical Instruments of the Arabs," *Journal of the Asiatic Society of Bengal* 5 (1836): 784.
4. Peter Ifland, *Taking the Stars: Celestial Navigation from Argonauts to Astronauts* (Malabar, FL: Kreiger Publishing, 1998), 38.
5. James Pinsep, "Note on the Nautical Instruments of the Arabs", 784.
6. Harold Gatty, *Finding Your Way Without Map or Compass* (New York: Dover Books, 1983), 150.
7. Pierre Berton, *The Arctic Grail* (London: Penguin Books, 1988), 42.
8. John Vigor, *The Practical Mariner's Book of Knowledge* (Camden, ME: International Marine, 1994), 67.
9. See, for example, L. Boroditsky, "How Language Shapes Thought," *Scientific American* , February 2011 (2011): 64.
10. Cecil Brown, "Where Do Cardinal Directions Come From?,", *Anthropological Linguistics*, 25:2 (1983): 121—161.
11. Ibid., 138.
12. John Lawson, "An Account of the Indians of North Carolina," in *A New Collection of Voyages and Travels*, John Stevens, ed. (London: Karpian, Bell, Midwinter, Will-Taylor, Collins and Baker, 1711), 204.
13. C. Frake, "A Reinterpretation of the Micronesian 'star compass,'" *Journal of the Polynesian Society* 104:4 (1995): 147–148.
14. G. Irwin, *The Prehistoric Exploration and Colonisation of the Pacific*

(Cambridge: Cambridge University Press, 1992), 51.

15. D. Lewis, *We the Navigators,* 246.
16. W. Kyselka, *An Ocean in Mind* (Honolulu: University of Hawai'i Press, 1987), 22–234.
17. Roland Huntsford, *The Last Place on Earth* (New York: Atheneum, 1985), 484.

الفصل الخامس

1. John Stevens, ed., "An Account of the Indians of North Carolina," in *A New Collection of Voyages and Travels* (London: Karpian, Bell, Midwinter, Will-Taylor, Collins and Baker, 1711), 204.
2. Robert Walsh, "Vegetable Physiology," *American Quarterly Review* 21 (1837): 141.
3. A. Willich, *The Domestic Encyclopedia,* (London: Murray and Highley, 1802), 232.-
4. George Thompson, *The Negro's Flight from American Slavery to British Freedom* (London: John Snow, 1849), 10–11.
5. W. M. Mitchell, *The Under-ground Railroad* (London: William Tweedie, 1850), 36.
6. Francis Galton, *The Art of Travel: Shifts and Contrivances Available in Wild Countries* (London: John Murray, 1855), 90–91.
7. Horace Kephart, "How to How to Tell Direction in Forest and on Prairie," *Outing* 42 (1903): 79.
8. Caspar Whitney and Albert Britt, "Does Moss Point North? Discussion of a Time Honored Belief," *Outing* 74, (1919): 34.
9. Ideas column, *Boys' Life* 8 (1968): 12.
10. Marilyn Lichman, "A Closer Look: The Moss on the North Side of the Tree," *Garden* 3:6 (1979): 4.
11. Earl Conrad, *Harriet Tubman* (Washington, DC: Associated Publishers, 1943), 62.
12. Judith Nies, *Nine Women: Portraits from the American Radical Tradition* (Berkeley: University of California Press, 1977), 41.
13. Aubrey Burl, *Prehistoric Astronomy and Ritual* (Oxford: Shire Publications, Bucks, 1983).
14. Harold Williams, "Monuments and the past in early Anglo-Saxon England, The Past in the Past: The Reuse of Ancient Monuments," *World Archaeology* 30:1 (1998): 90–108.
15. Tertullian, *Apologeticus* c. xvi. quoted in Francis Bond. *An Introduction*

to English Church Architecture from the Eleventh to the Sixteenth Century (London: Oxford University Press, 1913), 959.

16. This study was carried out by my students, using Google Earth and listings of medieval churches in England and Normandy: Catherine Ntube, Cerianne Robertson, Laura Hinton, Abigail Brown, Veselin Kulev, and Pilar Mayora (2010).
17. Cory Doctorow, "Urban navigation technique," *Boing boing*, http://www.boingboing.net/2002/02/27/urban-navigation-tec.html (2002).
18. For example, the website www.lyngsat.com gives the TV channels available on various satellites. The website www.dishpointer.com allows you to find the orientation for the particular satellite of interest.

الفصل السادس

1. P. Utrilla, C. Mazo, M. C. Sopena, M. Martinez-Bea, R. Domingo, "A palaeolithic map from 13,660 calBP: engraved stone blocks from the Late Magdalenian in Abruntz Cave (Navarra, Spain)," *Journal of Human Evolution* 57:2 (2009): 99–111.
2. A. R. Millard, "Cartography in the Ancient Near East," from *The History of Cartography*, Vol. 1, eds. J. B. Harley and D. Woodward (Chicago: Univ. of Chicago Press, 1987), 113–114.
3. G. Aujac, "The Foundations of Theoretical Cartography in Archaic and Classical Greece," Ibid., 134–135.
4. This is highly controversial, and I don't have anything to add to the debate. I only point out that a substantial body of opinion points to this as a forgery.
5. For example, consult geomag.usgs.gov.
6. A. R. T. Jonkers, *Earth's Magnetism in the Age of Sail* (Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 2003), 42.

الفصل السابع

1 See, for example, Jeffrey Gettleman, "With Aid of Forgotten Bolt, Frenchman Escapes Somalis," *New York Times* (August 26, 2009): 1. This was covered extensively in the news media on this date. Mr. Aubriere was part of a news conference in Nairobi, Kenya, on August 26, after his escape. Some details of his account have been disputed.

2. http://www.rfi.fr/actufr/articles/116/article_84044.asp (trans. by the author).
3. Hesiod, *Works and Days*, trans. Hugh Evelyn-White (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1914), 49.

4. Bruce Cartwright, "The Legend of Hawaii-loa," *Journal of the Polynesian Society,* 38:150 (1927): 108.
5. Homer, *Odyssey*, trans. Robert Fagles (New York: Penguin Classics, 1997), 161–162.
6. Geoffrey Irwin, *The Prehistoric Exploration and Colonisation of the Pacific* (Cambridge: Cambridge University Press, 1992), 48.
7. I should note that astronomers use "right ascension" (RA) for the equivalent of celestial longitude, and navigators often use "Greenwich Hour Angle" (GHA). My convention is to allow for a straightforward mapping of celestial onto terrestrial longitude. There is also the use of "longitude" to denote the position of the Sun or a planet in the elliptic, but this usage is largely archaic or limited to use in the astrological community.
8 The astronomically inclined reader will immediately jump out of his or her seat, screaming, "No, this is called right ascension or Sidereal Hour Angle." The astronomically inclined reader is correct. However, the conventions for this coordinate perpendicular for declination is confusing for the casual reader, so I am going to use "celestial longitude."
9. Sir Arthur Grimble, *Migrations, Myth and Magic from the Gilbert Islands* (London: Routledge and Kegan Paul, 1972), 218.
10. Teuira Henry, originally recited by Ruanui in 1818, "Tahitian astronomy," *Journal of the Polynesian Society*, 62 (1907): 101.
11. David Lewis, *We the Navigators*, (Honolulu: University of Hawaii Press, 1994), 280–281.
12. Irwin, *Prehistoric Exploration and Colonisation of the Pacific, 8-9.*

الفصل الثامن

1. The value of 23 degrees is rounded off to the nearest degree.
2. Matthew Schneps and Philip Sadler, *A Private Universe* (Cambridge, MA: Harvard–Smithsonian Center for Astrophysics, 1987), DVD.
3. Alexander Stephen, *The Hopi Journal of Alexander M. Stephen*, Contributions to Anthropology 23, ed. E. C. Parsons (New York: Columbia University Press, 1936), 155–58, 287–89.
4. Department of the U.S. Air Force, *Search and Rescue Survival Training* AFR 64-4 (Washington, DC: U.S. Air Force, 1985), 345.
5. Ebenezer Henderson, *Iceland, or the Journal of a Residence in that Island, During the Years 1814 and 1815*, Vol. 1 (Edinburgh, Scotland: Oliphant, Waugh and Innes, 1818), 186.

6. Thorsteinn Vilhjalmsson, "Time and Travel in Old Norse Society," *Disputatio* II (1997): 89–114.
7. *The Vinland Sagas*, trans. Keneva Kunz (New York: Penguin Classics, 2008), 7.
8. Søren Thirslund, *Viking Navigation* (Rothskilde, Denmark: Viking Ship Museum, 2007).
9. T. Ramskou, "Solstenen," *Skalk* 2 (1967): 16.
10. Leif Karlsen, *Secrets of the Viking Navigators* (Seattle, WA: One Earth Press, 2003).
11. Vilhjalmsson, "Time and Travel in Old Norse Society," 94.

المؤلف في سطور

جون إدوارد هوث

- أستاذ الفيزياء في جامعة هارفرد الأمريكية.
- اهتمامه العلمي الأساسي يتركز في انكسار التناظر الكهربي الضعيف.
- عضو في لجنة ATLAS المشتركة التابعة للمركز الأوروبي للفيزياء النووية.
- عضو في معهد رادكلف للدراسات المتقدمة التابع لبرنامج فنتشر فاكلتي.

المترجم في سطور

د. سعد الدين خرفان

- من مواليد مدينة حمص/ سورية 1946.
- حصل على البكالوريوس في الهندسة الكيميائية من جامعة ليدز- بريطانيا في العام 1969.
- حصل على الماجستير في كيمياء الهايدروكربونات من جامعة مانشستر في العام 1970.
- حصل على الدكتوراه في هندسة المفاعلات من جامعة نيوكاسل في بريطانيا في العام 1976.
- أستاذ في كلية الهندسة الكيميائية والبترولية بجامعة البعث.
- مدير بحوث في هيئة الطاقة الذرية من العام 1986 إلى العام 2001.
- عضو مكتب المهام التابع للجنة الأمم المتحدة لتغير المناخ IPCC في جنيف بسويسرا منذ العام 2002.
- عضو اتحاد الكُتاب العرب منذ العام 2005.
- له أكثر من 25 كتابا مؤلفا ومترجما في الهندسة الكيميائية والطاقة والبيئة والمياه.
- من كتبه المنشورة: «رؤى مستقبلية»، «الله والعقل والكون»، «من أجل البقاء أحياء»، «وجه غايا المتلاشي»، و«فيزياء المستحيل».

هذا الكتاب...

قبـل ظهور نظام تحديد الموقـع العالمي (GPS) و«غوغـل - أرض» (Google Earth)، والانتقال العالمي بزمن طويل، سـافر البشر مسـافات طويلة مسـتخدمين دلائل من البيئة وأدوات بسـيطة فقط. يسأل المؤلف جون هوث: ما الذي ضاع منا عندمـا حلّت التقنية الحديثة محل قدرتنا الذاتية على إيجاد اتجاهنا؟ دائرة معارف في اتسـاعه، في وضعـه علوم الفلك والمنـاخ والمحيطـات والأنثروبولوجيا بعضها مع بعض في نسيج واحد يجعلنا كتاب «الفن الضائع» في تحديد الاتجاه بأحذية الملاحين القدماء وسفنهم وزلاجاتهم والذين كان الاهتمام بالبيئة المحيطة بهم، حرفيا، مسألة حياة أو موت بالنسبة إليهم.

متأثرا بمصير شـابتين أبحرتا بزورقـي كاياك وضاعتا في الضبـاب الكثيف مقابل شـاطئ نانتوكيت، يرينا هوث كيـف نحدد اتجاهنا باسـتخدام الظواهر الطبيعية، وكيف اسـتعمل النرويجيون القدماء حجر الشـمس لاكتشاف الاستقطاب في الضوء، وكيـف تعلم التجار العرب الإبحار ضد الريح، وكيف اسـتخدم سـكان جزر المحيط الهادئ البريـق تحت الماء و«قـراءة» الأمواج لتوجيههم في رحلاتهم الاستكشـافية. يذكّرنـا هوث بأننا جميعنـا ملاحون قادرون على تعلم تقنيات تتراوح بين الأبسـط والأكثر تعقيدا في تحديد الاتجاه. حتى في هذه الأيام، فإن الملاحظة الدقيقة للشمس والقمـر والمد والجزر وتيـارات المحيط وتأثيرات الطقس والغـلاف الجوي يمكن أن تكون كل ما نحتاج إليه لتحديد اتجاهنا.

جاء الكتاب ثريا بنحو 200 شـكل، فوصْف هوث المؤثر لثقافات الملاحة سيجعل القارئ ينغمس في قصة، هي أطروحة علمية، وحكاية أسفار شخصية، وإحياء لتاريخ الملاحة في الوقت نفسه. يمكننا من خلال عيون الملاحين القدامى أن نرى عالمنا الخاص بشكل أوضح.

ISBN 978 - 99906 - 0 - 512-9